

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-135302

(43)Date of publication of application : 30.04.2004

(51)Int.Cl. H04B 7/08  
 H04B 1/707  
 H04B 7/10  
 H04B 7/26  
 H04J 1/00  
 H04J 11/00  
 H04Q 7/38

(21)Application number : 2003-297117

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 21.08.2003

(72)Inventor : NAKAGAWA YOICHI  
 ORIHASHI MASAYUKI

(30)Priority

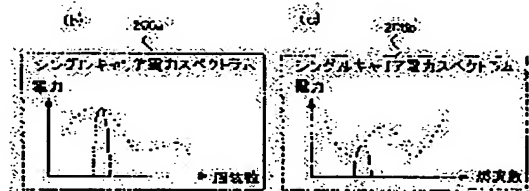
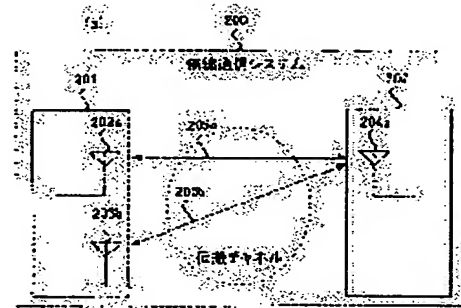
Priority number : 2002272534 Priority date : 19.09.2002 Priority country : JP

## (54) TRANSMITTER, RECEIVER, RADIO COMMUNICATION METHOD AND RADIO COMMUNICATION SYSTEM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To transmit secret information with high security when transmitting the secret information to a specific radio station through a radio line.

SOLUTION: In the radio communication method with which transmitting data are transmitted to the radio station, the data are transmitted while controlling a propagation parameter estimated in a receiving station 202 by an array antenna composed of a plurality of antenna elements 203a, 203b in a transmitting station 201 based upon the transmitting data, such that channels 205a, 205b characterized with the propagation parameter can be shared only between specific radio stations, and a signal is superimposed on the propagation parameter, thereby realizing wireless access with high security.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]



(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-135302

(P2004-135302A)

(43) 公開日 平成16年4月30日(2004.4.30)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
H04B 7/08	H04B 7/08 D	5K022
H04B 1/707	H04B 7/10 A	5K059
H04B 7/10	H04J 1/00	5K067
H04B 7/26	H04J 11/00 Z	
H04J 1/00	H04B 7/26 D	

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 42 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-297117 (P2003-297117)	(71) 出願人	000005821
(22) 出願日	平成15年8月21日 (2003.8.21)		松下電器産業株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2002-272534 (P2002-272534)		大阪府門真市大字門真1006番地
(32) 優先日	平成14年9月19日 (2002.9.19)	(74) 代理人	100097445
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 岩橋 文雄
		(74) 代理人	100103355
			弁理士 坂口 智康
		(74) 代理人	100109667
			弁理士 内藤 浩樹
		(72) 発明者	中川 洋一
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		(72) 発明者	折橋 雅之
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内

最終頁に続く

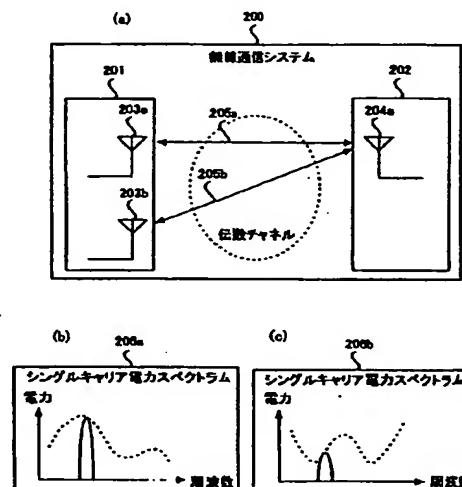
(54) 【発明の名称】 送信装置、受信装置、無線通信方法及び無線通信システム

## (57) 【要約】

【課題】 無線回線を介して特定の無線局に秘匿情報を伝送する場合に、高いセキュリティで秘匿情報を伝送すること。

【解決手段】 送信データを無線局へ伝送する無線通信方法であって、送信データに基づいて、受信局202において推定される伝搬パラメータを、送信局201において複数のアンテナ素子203a、203bで構成されるアレーアンテナにより制御してデータ伝送することにより、伝搬パラメータに特徴付けられたチャネル205a、205bは特定の無線局間でのみ共有できるようになり、この伝搬パラメータに信号を重畳することで、高いセキュリティが確保された無線アクセスを実現できる。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

無線局から発信された既知のシンボルのキャリア変調信号を受信するM（Mは2以上の整数）本のアンテナ素子からなるアレーアンテナと、  
前記既知のシンボルと同一のシンボルであって、位相基準を与える基準シンボルを生成する基準シンボル生成手段と、  
前記アンテナ素子で受信したベースバンド信号から、前記基準シンボルに基づいて送信アンテナと前記アレーアンテナ間の複素伝搬チャネルの推定値であるM個の受信シンボルを生成する伝搬チャネル推定手段と、  
を有する送信装置。

10

## 【請求項2】

前記キャリア変調信号はマルチキャリアからなり、前記M本のアンテナ素子で受信したベースバンド信号をN（Nは2以上の整数）本のサブキャリアに分離するキャリア分離手段をさらに有し、前記キャリア分離手段が受信したベースバンド信号をN（Nは2以上の整数）本のサブキャリアに分離した後、前記基準シンボルに基づいて複素伝搬チャネルの推定値であるM×N個の受信シンボルを生成することを特徴とする請求項1に記載の送信装置。

## 【請求項3】

前記伝搬チャネル推定手段は、前記M本のアンテナ素子で受信したベースバンド信号に対してN（Nは2以上の整数）個の拡散符号を用いて逆拡散分離した後、前記基準シンボルに基づいて複素伝搬チャネルの推定値であるM×N個の受信シンボルを生成することを特徴とする請求項1に記載の送信装置。

20

## 【請求項4】

前記アレーアンテナを構成する前記M本のアンテナ素子は、互いに異なる指向性パターン、あるいは、互いに異なる偏波を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の送信装置。

## 【請求項5】

前記M個の受信シンボルから、M個の送信シンボルを一組とする複数組の送信シンボルベクトルを算出し、前記複数組の送信シンボルベクトルから構成される参照テーブルを生成する送信シンボル算出手段と、  
送信データに基づいて、前記参照テーブルから一組の送信シンボルベクトルを選択してM個の送信シンボルを生成するシンボルマッピング手段と、  
前記M個の送信シンボルからベースバンド信号を生成するシングルキャリア変調手段と、  
をさらに有することを特徴とした請求項1に記載の送信装置。

30

## 【請求項6】

M×N個の前記受信シンボルから、N本のサブキャリア成分毎にM個の送信シンボルを一組とする複数組の送信シンボルベクトルを算出し、前記複数組の送信シンボルベクトルから構成される参照テーブルを生成する送信シンボル算出手段と、  
送信データに基づいて、N本のサブキャリアに対応するN個の前記参照テーブルからそれぞれ一組の送信シンボルベクトルを選択してM×N個の送信シンボルを生成するシンボルマッピング手段と、  
前記M×N個の送信シンボルから前記N本のサブキャリア成分を用いて送信のベースバンド信号を生成するシングルキャリア変調手段と、  
をさらに有することを特徴とする請求項2に記載の送信装置。

40

## 【請求項7】

M×N個の前記受信シンボルから、前記N個の拡散符号毎にM個の送信シンボルを一組とする複数組の送信シンボルベクトルを算出し、前記複数組の送信シンボルベクトルから構成される参照テーブルを生成する前記送信シンボル算出手段と、  
秘匿情報を含む送信データに基づいて、N個の拡散符号に対応するN個の前記参照テーブルからそれぞれ一組の送信シンボルベクトルを選択してM×N個の送信シンボルを生成す

50

るシンボルマッピング手段と、

前記 $M \times N$ 個の送信シンボルから前記 $N$ 個の逆拡散符号を用いて拡散処理により送信のベースバンド信号を生成するシングルキャリア変調手段と、

をさらに有することを特徴とする請求項8に記載の送信装置。

【請求項8】

前記送信シンボル算出手段は、前記無線局における受信電力および位相のいずれか一方を制御するための前記複数組のシンボルベクトルを生成することを特徴とする請求項5乃至7のいずれかに記載の送信装置。

【請求項9】

受信信号から伝搬パラメータを推定する伝搬パラメータ推定手段と、

前記伝搬パラメータに基づいて送信データを復元するシンボル判定手段と

を有する受信装置。

【請求項10】

前記受信信号はマルチキャリアからなり、前記受信信号から複数のサブキャリアに分離するキャリア分離手段をさらに有し、

前記伝搬パラメータ推定手段が、前記サブキャリア毎に伝搬パラメータを推定し、前記シンボル判定手段が前記サブキャリア毎に受信信号から送信データを復元することを特徴とした請求項9に記載の受信装置。

【請求項11】

前記サブキャリアが、周波数空間で互いに直交するように構成されたOFDM信号、および符号空間で互いに直交するように構成されたCDMA信号のいずれか一方であることを特徴とした請求項10に記載の受信装置。

【請求項12】

少なくとも1以上のアンテナ素子で構成創世されるアレーアンテナを有し、前記伝搬パラメータ推定手段が前記アンテナ毎に前記伝搬パラメータを推定することを特徴とした請求項10または11に記載の受信装置。

【請求項13】

受信したベースバンド信号を直交検波することにより、複素シンボルである受信シンボルを生成する伝搬パラメータ推定手段と、

前記受信シンボルからあらかじめ決められた判定基準に基づいて送信データを復元するシンボル判定手段と

を有する受信装置。

【請求項14】

前記ベースバンド信号はマルチキャリアからなり、前記ベースバンド信号を $N$  ( $N$ は2以上の整数)本のサブキャリア成分に分離するキャリア分離手段をさらに有し、前記キャリア分離手段がサブキャリアに分離した後、前記伝搬パラメータ推定手段がサブキャリア毎に受信シンボルを生成することを特徴とする請求項13に記載の受信装置。

【請求項15】

前記伝搬パラメータ推定手段が、前記ベースバンド信号を $N$  ( $N$ は2以上の整数)個の拡散符号を用いて逆拡散処理した後、前記シンボル判定手段があらかじめ決められた判定基準に基づいて送信データを復元することを特徴とする請求項13に記載の受信装置。

【請求項16】

前記シンボル判定手段は、アンテナの受信電力に基づいてシンボルを判定することを特徴とする請求項14または15に記載の受信装置。

【請求項17】

送信データをシングルキャリアにより第1の無線局から第2の無線局に送信する無線通信方法であって、

第2の無線局から第1の無線局へ双方が既知の情報を送信するステップと、

第1の無線局が、第2の無線局との間でのみ共有する伝搬チャネルのパラメータである伝搬パラメータを、前記既知の情報と受信した第2の無線局から送信された情報とから推定

10

20

30

40

50

するステップと、  
推定した伝搬パラメータに秘匿情報を含む送信データを重畳して、第1の無線局から第2の無線局へ送信するステップと、  
第2の無線局で複数のアンテナの受信信号から得られる複数の伝搬パラメータを算出するステップと、  
第2の無線局が算出した複数の前記伝搬パラメータに基づいて前記送信データを復元するステップと  
を有する無線通信方法。

【請求項18】

送信データをマルチキャリアにより第1の無線局から第2の無線局に送信する無線通信方法であって、

第2の無線局から第1の無線局へ双方が既知の情報を送信するステップと、  
第1の無線局が、第2の無線局との間でのみ共有する伝搬チャネルのパラメータである伝搬パラメータを、前記既知の情報と受信した第2の無線局から送信された情報とからキャリア毎に推定するステップと、  
推定した伝搬パラメータに送信データを重畳して、第1の無線局から第2の無線局へ送信するステップと、  
第2の無線局で複数のアンテナの受信信号から得られる複数の伝搬パラメータを算出するステップと、  
第2の無線局が算出した複数の前記伝搬パラメータに基づいて前記送信データを復元するステップと  
を有する無線通信方法。

【請求項19】

前記第2の無線局は、前記マルチキャリアを構成するキャリア毎に受信信号から推定される伝搬パラメータに基づいて前記送信データを復元することを特徴とした請求項18に記載の無線通信方法。

【請求項20】

前記マルチキャリアを構成するキャリアが、周波数空間で互いに直交するように構成されたOFDM信号、あるいは符号空間で互いに直交するように構成されたCDMA信号であることを特徴とした請求項19に記載の無線通信方法。

【請求項21】

送信データをシングルキャリア変調方式により第1の無線局から第2の無線局に送信する無線通信システムであって、  
第1の無線局から第2の無線局に秘匿情報を含む送信データを無線伝送する場合、第1の無線局と第2の無線局の間でのみ共有する伝搬チャネルのパラメータを推定する伝搬チャネル推定手段と、推定した伝搬チャネルのパラメータに送信信号を重畳して、第1の無線局から第2の無線局へ送信データを送信する送信手段とを有する第1の無線局と、  
複数のアンテナの受信信号から得られる複数の伝搬パラメータを算出する伝搬パラメータ推定手段と、算出した複数の伝搬パラメータに基づいて前記第1の無線局からの送信データを復元するシンボル判定手段とを有する第2の無線局とを備える無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は特定の無線局間で秘匿情報を伝送するための送信装置、受信装置、無線通信システム及び無線通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタル無線通信は、伝送速度や伝送品質が飛躍的に向上したことにより、通信分野の重要な位置を占めるようになってきている。一方、無線通信では、公共財である

10

20

30

40

50

電波空間を利用しているため、秘匿性の点から考えると、第三者による受信が可能であるといった根本的な欠点がある。すなわち、通信内容が第三者に傍受され、情報が漏洩するおそれがある。

【0003】

そこで従来の無線通信では、秘匿情報を暗号化することにより、伝送データが第三者に傍受されたとしても秘匿情報の内容が第三者に分からないようにするなどの工夫がなされた。暗号化は、様々な分野で研究され、また様々な分野で応用されている。これは、暗号化には、無線通信システムを変更しなくても一定のセキュリティが確保できるといった長所があるからである。

【0004】

しかしながら、情報の暗号化では、暗号化するためのコードや暗号化の手順が分かれば、比較的容易に情報が解読されてしまう問題がある。特に高速のコンピュータが一般的に普及している現状では、かなり複雑な暗号化処理を行わないとセキュリティが確保できなくなった。

【0005】

このような暗号化技術が有する課題に対して、無線通信の電波伝搬環境の物理的な特徴に注目した無線通信方法として、例えば、特許文献1のようなものがあった。図23は、特許文献1に記載された従来の無線通信システムを示すものである。

【0006】

図23において、送信局2310は伝搬環境推定部2311により秘匿情報を含む送信データの送信対象である受信局2320との間でのみ共有する無線伝搬路2330の環境を推定し、この無線伝搬路環境を考慮して秘匿情報を含む送信データを送信する。これにより、無線伝搬路環境が異なる他の無線局では秘匿情報を受信または復元できないので、高いセキュリティで秘匿情報を伝送することが可能になる。

【0007】

しかし、通常、伝送レートが上がることによって広帯域化された無線通信において、伝搬路を特徴づける伝搬パラメータおよびアンテナの指向性や偏波などが周波数特性を有するようになる。したがって、前記特許文献1の構成のような、送信局が複数のアンテナを用いて伝搬パラメータを制御する無線通信方法では、特定の周波数帯域内、つまりアンテナおよび伝搬路の周波数特性が一定とみなせる範囲内で伝搬パラメータを制御することが前提になっている。

【特許文献1】特開2002-152191号公報（第11—12頁、第1図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

解決しようとする問題点は、広帯域な無線通信の場合に、伝搬路やアンテナの特性を有効に活用しきれていなかったことである。本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、広帯域な無線通信において、周波数特性を有する伝搬パラメータやアンテナの特性そのものが送信信号を特定する情報となりうるようにした、高度なセキュリティを有する送信装置、受信装置、無線通信方法及び無線通信システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

かかる課題を解決するための本発明に係る送信装置は、無線局から発信された既知のシンボルのキャリア変調信号を受信するM（Mは2以上の整数）本のアンテナ素子からなるアレーアンテナと、既知のシンボルと同一のシンボルであって、位相基準を与える基準シンボルを生成する基準シンボル生成手段と、アンテナ素子で受信したベースバンド信号から、基準シンボルに基づいて送信アンテナとアレーアンテナ間の複素伝搬チャネルの推定値であるM個の受信シンボルを生成する伝搬チャネル推定手段と、を有する。

【0010】

この構成によれば、複雑な移動通信の伝搬環境において、秘匿情報を含む送信データの

10

20

30

40

50

送信対象である無線局と間でのみ共有する伝搬チャネル特性を複数のアンテナの受信信号から得られるチャネル推定値で特徴づけることが可能となり、アンテナ間におけるチャネル推定値の相関等に基づいて秘匿情報を含む送信データを送信するので、無線伝搬環境が異なる他の無線局では秘匿情報を受信又は復元できない。この結果、送受信装置の相対的な位置関係が常に変化している移動通信システムの特徴により、高いセキュリティで秘匿情報を伝送し得る。

#### 【0011】

また、本発明に係る送信装置のキャリア変調信号はマルチキャリアからなり、M本のアンテナ素子で受信した受信ベースバンド信号をN（Nは2以上の整数）本のサブキャリアに分離するキャリア分離手段をさらに有し、キャリア分離手段が受信したベースバンド信号をN（Nは2以上の整数）本のサブキャリアに分離した後、基準シンボルに基づいて複素伝搬チャネルの推定値である $M \times N$ 個の受信シンボルを生成することを特徴としている

10

#### 【0012】

この構成によれば、複雑な移動通信の伝搬環境において、秘匿情報を含む送信データの送信対象である無線局と間でのみ共有する伝搬チャネル特性をマルチキャリアを構成するサブキャリア毎に受信信号から得られるチャネル推定値で特徴づけることが可能となるので、同時に最大サブキャリア数分のデータがパラレルに伝送でき、高いセキュリティで秘匿情報を短時間に伝送することができる。

#### 【0013】

また、本発明に係る送信装置の伝搬チャネル推定手段は、M本のアンテナ素子で受信したベースバンド信号に対してN（Nは2以上の整数）個の拡散符号を用いて逆拡散分離した後、基準シンボルに基づいて複素伝搬チャネルの推定値である $M \times N$ 個の受信シンボルを生成する。

20

#### 【0014】

この構成によれば、複雑な移動通信の伝搬環境において、秘匿情報を含む送信データの送信対象である無線局と間でのみ共有する伝搬チャネル特性を、拡散符号化毎に受信信号から得られるチャネル推定値で特徴づけることが可能となるので、同時に最大拡散符号化数分のデータがパラレルに伝送でき、高いセキュリティで秘匿情報を短時間に伝送することができる。

30

#### 【0015】

また、本発明に係る送信装置のアレーアンテナを構成するM本のアンテナ素子は、互いに異なる指向性パターン、あるいは、互いに異なる偏波を有している。

#### 【0016】

これによって、アレーアンテナを構成するアンテナ素子の指向性パターンに依存して、送信対象である無線局と間でのみ共有する伝搬チャネル特性も変化するので、他の無線局において秘匿情報を受信し復元する場合にはアンテナの指向性パターンを含めた伝搬チャネル特性を考慮する必要があり、第三者によって秘匿情報を復元することがさらに困難となり、結果として高いセキュリティで秘匿情報を伝送することができる。あるいは、同じアンテナ素子数で指向性パターンを可変するのと比較して偏波の変えることはアレーアンテナを小型化することが可能となり、結果として装置全体を小型化することができる。

40

#### 【0017】

また、本発明に係る送信装置は、M個の受信シンボルから、M個の送信シンボルを一組とする複数組の送信シンボルベクトルを算出し、複数組の送信シンボルベクトルから構成される参照テーブルを生成する送信シンボル算出手段と、送信データに基づいて、参照テーブルから一組の送信シンボルベクトルを選択してM個の送信シンボルを生成するシンボルマッピング手段と、M個の送信シンボルからベースバンド信号を生成するシングルキャリア変調手段とをさらに有している。

#### 【0018】

また、本発明に係る送信装置は、 $M \times N$ 個の前記受信シンボルから、N本のサブキャリ

50



ア成分毎にM個の送信シンボルを一組とする複数組の送信シンボルベクトルを算出し、複数組の送信シンボルベクトルから構成される参照テーブルを生成する送信シンボル算出手段と、送信データに基づいて、N本のサブキャリアに対応するN個の参照テーブルからそれぞれ一組の送信シンボルベクトルを選択してM×N個の送信シンボルを生成するシンボルマッピング手段と、M×N個の送信シンボルからN本のサブキャリア成分を用いて送信のベースバンド信号を生成するシングルキャリア変調手段とをさらに有している。

【0019】

この構成によれば、秘匿情報を含む送信データの送信対象である無線局と間でのみ共有する伝搬チャネル特性を、複数のアンテナにおいてマルチキャリアを構成する複数のサブキャリア成分の受信信号から得られるチャネル推定値で特徴づけることが可能となり、アンテナ間におけるチャネル推定値の相関等に基づいて秘匿情報を含む送信データを送信するので、無線伝搬環境が異なる他の無線局では秘匿情報を受信又は復元できない。この結果、送受信装置の相対的な位置関係が常に変化しそれに応じて伝搬チャネルの周波数特性も常に変化している移動通信システムにおいては、さらに高いセキュリティで秘匿情報を伝送し得る。

【0020】

また、本発明に係る送信装置は、M×N個の受信シンボルから、N個の拡散符号毎にM個の送信シンボルを一組とする複数組の送信シンボルベクトルを算出し、複数組の送信シンボルベクトルから構成される参照テーブルを生成する送信シンボル算出手段と、秘匿情報を含む送信データに基づいて、N個の拡散符号に対応するN個の参照テーブルからそれぞれ一組の送信シンボルベクトルを選択してM×N個の送信シンボルを生成するシンボルマッピング手段と、M×N個の送信シンボルからN個の逆拡散符号を用いて拡散処理により送信のベースバンド信号を生成するシングルキャリア変調手段とをさらに有している。

【0021】

この構成によれば、秘匿情報を含む送信データの送信対象である無線局と間でのみ共有する伝搬チャネル特性を、複数のアンテナの受信信号から得られる複数の拡散符号毎のチャネル推定値で特徴づけることが可能となり、アンテナ間におけるチャネル推定値の相関等に基づいて秘匿情報を含む送信データを送信するので、無線伝搬環境が異なる他の無線局では秘匿情報を受信又は復元できない。この結果、送受信装置の相対的な位置関係が常に変化しそれに応じて伝搬チャネルの特性も常に変化している移動通信システムの特徴により、拡散符号を用いることで得られる秘話性に加えて、伝搬パラメータのランダム性を利用することができ、さらに高度なセキュリティが確保できる。

【0022】

また本発明に係る送信装置は、送信シンボル算出手段は、無線局における受信電力および位相のいずれか一方を制御するための複数組のシンボルベクトルを生成している。

【0023】

この構成によれば、無線局において受信電力のみを検出すれば良いため、無線機として非常に簡易な構成となることができ、低コストで高いセキュリティが確保されたデータ伝送が実現できる。あるいは、マルチパス伝搬環境において無線局の移動に伴って生じる受信信号の位相回転はほぼ搬送波の波長間隔で360度となるため、特に波長が数10から数cmとなる携帯電話や無線LANでは、第三者が秘匿情報を含む送信データを位相情報に基づいて復元することができない。結果として、受信電力によってシンボル判定する場合と比較してさらに高いセキュリティで秘匿情報を伝送し得る。

【0024】

本発明に係る受信装置は、受信信号から伝搬パラメータを推定する伝搬パラメータ推定手段と、伝搬パラメータに基づいて送信データを復元するシンボル判定手段とを有している。

【0025】

また、本発明に係る受信装置の受信信号はマルチキャリアからなり、前記受信信号から複数のサブキャリアに分離するキャリア分離手段をさらに有し、伝搬パラメータ推定手段

10

20

30

40

50

が、サブキャリア毎に伝搬パラメータを推定し、シンボル判定手段がサブキャリア毎に受信信号から送信データを復元している。

【0026】

また、本発明に係る受信装置は、サブキャリアが、周波数空間で互いに直交するように構成されたOFDM信号、および符号空間で互いに直交するように構成されたCDMA信号のいずれか一方である。

【0027】

また、本発明に係る受信装置は、少なくとも1以上のアンテナ素子で創設されるアレーアンテナを有し、伝搬パラメータ推定手段がアンテナ毎に伝搬パラメータを推定している

10

【0028】

また、本発明の受信装置は、受信したベースバンド信号を直交検波することにより、複素シンボルである受信シンボルを生成する伝搬パラメータ推定手段と、受信シンボルからあらかじめ定められた判定基準に基づいて送信データを復元するシンボル判定手段を有している。

【0029】

この構成によれば、予め定められた判定基準であるアンテナ間におけるチャネル推定値の相関等に基づいて、秘匿情報を含む送信データを送信することで、無線局では受信信号のシンボル判定を行うことが可能となるため、無線伝搬環境が異なる他の無線局では秘匿情報を受信又は復元できない。この結果、送受信装置の相対的な位置関係が常に変化している移動通信システムの特徴により、高いセキュリティで秘匿情報を伝送し得る。

20

【0030】

また、本発明の受信装置のベースバンド信号はマルチキャリアからなり、ベースバンド信号を $N$  ( $N$ は2以上の整数)本のサブキャリア成分に分離するキャリア分離手段をさらに有し、前記キャリア分離手段がサブキャリアに分離した後、前記伝搬パラメータ推定手段がサブキャリア毎に受信シンボルを生成する。

【0031】

この構成によれば、予め定められた判定基準であるアンテナ間におけるチャネル推定値の相関等に基づいて、秘匿情報を含む送信データを送信することで、無線局では受信信号のシンボル判定を行うことが可能となるため、無線伝搬環境が異なる他の無線局では秘匿情報を受信又は復元できない。この結果、送受信装置の相対的な位置関係が常に変化しそれに伴って伝搬チャネルの周波数特性も常に変化している移動通信システムの特徴により、さらに高いセキュリティで秘匿情報を伝送し得る。

30

【0032】

また、本発明の受信装置のシンボル判定手段は、ベースバンド信号を $N$  ( $N$ は2以上の整数)個の拡散符号を用いて逆拡散処理した後、あらかじめ定められた判定基準に基づいて送信データを復元する。

【0033】

この構成によれば、予め定められた判定基準であるアンテナ間におけるチャネル推定値の相関等に基づいて、秘匿情報を含む送信データを送信することで、無線局では受信信号のシンボル判定を行うことが可能となるため、無線伝搬環境が異なる他の無線局では秘匿情報を受信又は復元できない。この結果、送受信装置の相対的な位置関係が常に変化しそれに伴って伝搬チャネルの特性も常に変化している移動通信システムの特徴により、拡散符号を用いることで得られる秘匿性に加えて、伝搬パラメータのランダム性を利用することができ、さらに高度なセキュリティが確保できる。

40

【0034】

また、本発明の受信装置のシンボル判定手段は、アンテナの受信電力に基づいてシンボルを判定する。

【0035】

本発明に係る無線通信方法は、送信データをシングルキャリアにより第1の無線局から

50

第2の無線局に送信する無線通信方法であって、第2の無線局から第1の無線局へ双方が既知の情報を送信するステップと、第1の無線局と第2の無線局の間でのみ共有する伝搬チャネルのパラメータである伝搬パラメータを、既知の情報と受信した第2の無線局から送信された情報とから推定するステップと、推定した伝搬パラメータに秘匿情報を含む送信データを重畳して、第1の無線局から第2の無線局へ送信するステップと、第2の無線局で複数のアンテナの受信信号から得られる複数の伝搬パラメータを算出するステップと、第2の無線局が算出した複数の伝搬パラメータに基づいて送信データを復元するステップとを有している。

【0036】

この方法によれば、第1の無線局との間の伝搬チャネルが異なる他の無線局では、上記秘匿情報を復元することができなくなる。これは、移動通信におけるマルチパス伝搬環境では、観測点が異なると伝搬チャネルが異なる特性を有するためであり、伝搬チャネルを構成する伝搬パラメータは第1の無線局と第2の無線局との間でのみ共有できる情報と成りうる。さらに、複数のアンテナの受信信号から得られる複数の伝搬パラメータを用いて送信データを特定すること、伝搬パラメータの判定基準として特定のアンテナの受信信号を利用できるため、変調方式をより複雑にすることが可能となり、結果としてより高度なセキュリティが確保できる。

【0037】

また、本発明に係る無線通信方法は、送信データをマルチキャリアにより第1の無線局から第2の無線局に送信する無線通信方法であって、第2の無線局から第1の無線局へ双方が既知の情報を送信するステップと、第1の無線局が、第2の無線局との間でのみ共有する伝搬チャネルのパラメータである伝搬パラメータを、既知の情報と受信した第2の無線局から送信された情報とからキャリア毎に推定するステップと、推定した伝搬パラメータに送信データを重畳して、第1の無線局から第2の無線局へ送信するステップと、第2の無線局で複数のアンテナの受信信号から得られる複数の伝搬パラメータを算出するステップと、第2の無線局が算出した複数の伝搬パラメータに基づいて送信データを復元するステップとを有している。

【0038】

また、本発明に係る無線通信方法において、第2の無線局は、マルチキャリアを構成するキャリア毎に受信信号から推定される伝搬パラメータに基づいて送信データを復元する

【0039】

また、本発明に係る無線通信方法は、マルチキャリアを構成するキャリアが、周波数空間で互いに直交するように構成されたOFDM信号、あるいは符号空間で互いに直交するように構成されたCDMA信号である。

【0040】

また、本発明に係る無線通信方法は、送信データをシングルキャリア変調方式により第1の無線局から第2の無線局に送信する無線通信システムであって、第1の無線局から第2の無線局に秘匿情報を含む送信データを無線伝送する場合、第1の無線局と第2の無線局の間でのみ共有する伝搬チャネルのパラメータを推定する伝搬チャネル推定手段と、推定した伝搬チャネルのパラメータに送信信号を重畳して、第1の無線局から第2の無線局へ送信データを送信する送信手段とを有する第1の無線局と、複数のアンテナの受信信号から得られる複数の伝搬パラメータを算出する伝搬パラメータ推定手段と、算出した複数の伝搬パラメータに基づいて第1の無線局からの送信データを復元するシンボル判定手段とを有する第2の無線局とを備えている。

【発明の効果】

【0041】

本発明によれば、特定の無線局間で広帯域に無線通信する場合、高いセキュリティで秘匿情報を伝送し得る送信装置、受信装置、無線通信システム及び無線通信方法を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0042】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0043】

(実施の形態1)

図1(a)は一般的な移動通信システム100を示した概念図であり、図1(b)、(c)は1本の送信アンテナと2本の受信アンテナ間の伝搬チャネルを構成する伝搬パラメータの一例として周波数スペクトラムの例を示している。

【0044】

図1(a)において、移動通信システム100は送信アンテナ101、受信アンテナ102a、102bとを有し、送信アンテナ101と受信アンテナ102aで伝搬チャネル103a、および送信アンテナ101と受信アンテナ102bで伝搬チャネル103bを構成している。図1(b)は、受信アンテナ102aで観測される受信信号の周波数スペクトラム104aであり、図1(c)は、受信アンテナ102bで観測される受信信号の周波数スペクトラム104bを示している。

【0045】

移動通信システム100として一般的な携帯電話や無線LAN等の電波伝搬環境を想定すると、端末や周囲物体の移動に伴って送受間の相対的な位置が変化し、伝搬チャネル103a、103bが変動するため、周波数スペクトラム104a、104bも変動するようになる。

【0046】

これは受信アンテナ102aのアンテナ受信端において、所謂マルチパス伝搬により生じた複数の到来波が、周波数に依存した振幅および位相差で合成されるためであり、伝搬チャネル103aが変動すればそれに応じて周波数スペクトラム104aも変動する。

【0047】

また、受信アンテナ102aと同時に受信アンテナ102bでも受信する場合、アンテナパラメータおよび伝搬パラメータに依存して、2本の受信アンテナ間で到来波やその振幅および位相差が異なる。このため、伝搬チャネル103aと伝搬チャネル103bとが異なることになり、その結果として周波数スペクトラム104aと104bも互いに異なる特性を示す。

【0048】

なお、本発明において、伝搬パラメータは、送信信号や局発信号等の基準信号に対する受信信号の振幅および位相で表される複素チャネル係数及び、電波の空間伝搬メカニズムに依存する送信アンテナからの放射方向、伝搬時間および伝搬距離、受信アンテナへの入射方向、伝搬による電力の減衰係数、さらに電界方向を示す偏波を含むものとして定義する。また、アンテナパラメータは、指向性パターンや偏波および整合インピーダンスといった一般的なアンテナ設計に係る設計パラメータをすべて含むものとする。

【0049】

また、同一周波数において時間的に伝搬チャネルの変化がないと見なせる場合には、伝搬路は送受信で相反性が保たれるため、図1において送受信を逆にした構成としても、周波数スペクトラム104a、104bの特性は保存される。

【0050】

このような移動通信の伝搬チャネル特性を活用し、伝搬パラメータに送信信号を重ねる変調方法を用いた無線通信システムについて以下で詳細に説明する。

【0051】

図2(a)は本発明の実施の形態1に係る無線通信システムを示す。

【0052】

図2(a)において、無線通信システム200は、送信局201および受信局202を有し、特定の周波数帯を用いたシングルキャリア無線通信を行う。ここで送信局201とは、単に秘匿情報を含む送信データを送信する側をいい、その秘匿情報を受信する側を受

10

20

30

40

50

信局 202 と呼んでおり、それぞれが送受信両方の機能を有している。

【0053】

また、送信局 201 は送信局アンテナ 203a、203b を有し、受信局 202 は受信局アンテナ 204a を有している。図 2 (b) は、送信局アンテナ 203a と受信局アンテナ 204a 間の伝搬チャネル 205a のシングルキャリア電力スペクトラム 206a を示し、図 2 (c) は送信局アンテナ 203b と受信局アンテナ 204a 間の伝搬チャネル 205b のシングルキャリア電力スペクトラム 206b を示している。

【0054】

前述したように、電力スペクトラム 206a、206b は互いに異なる特性を示し、さらに伝搬路が異なる他の無線局で推定される周波数スペクトラムも当然ながら異なる特性を有する。

10

【0055】

次に、送信局 201 の具体的構成を図 3 に示すと共に、受信局 202 の具体的構成を図 4 に示す。

【0056】

図 4 において、既知シンボル生成手段 400 は送信局 201 と受信局 202 の間で共有する既知のシンボル 401 を生成するものであり、シングルキャリア変調手段 402 は既知のシンボル 401 を送信のベースバンド信号 403 へと変調するものであり、周波数変換手段 404 は送信のベースバンド信号 403 を送信の RF 信号 405 へ変換したり、アンテナ 204a から受信した RF 信号をベースバンド信号 408a へ変換するものである。また、伝搬パラメータ推定手段 409 は、受信のベースバンド信号 408a から直交検波により複素シンボルである受信シンボル 410a を生成するものであり、シンボル判定手段 411 は、受信シンボル 410a に対して予め決めておいた判定基準に基づいてシンボルの判定処理を行うものである。アンテナ 204a は RF 信号 405 をシングルキャリア変調信号 406a として発信したり、送信したりするものである。

20

【0057】

図 3 において、送信局アンテナ 203a と 203b は RF 信号を受信したり、送信したりするものである。また、周波数変換手段 301 は受信の RF 信号 300a と 300b をそれぞれ受信のベースバンド信号 302a と 302b へと変換したり、送信のベースバンド信号 317a、317b を送信の RF 信号 318a、318b へ変換するものである。

30

【0058】

また、基準シンボル生成手段 303 は、既知のシンボル 401 と同一のシンボルであって、受信ベースバンド信号 302a と 302b の位相基準を与える基準シンボル 304 を生成するものである。伝搬チャネル推定手段 305 は、受信のベースバンド信号 302a、302b を入力とし、基準シンボル 304 に基づいて、受信局アンテナ 204a と送信局アンテナ 203a 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル 306 と、受信局アンテナ 204a と送信局アンテナ 203b 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル 307 とをそれぞれ生成するものである。

【0059】

送信シンボル算出手段 308 は、受信シンボル 306、307 を入力し、送信局アンテナ 203a、203b に対する 2 個の送信シンボルを一組とした複数列の送信シンボルベクトルを算出し、この複数列の送信シンボルベクトルから構成される参照テーブル 309 を生成するものである。ここで、この送信シンボルベクトルと参照テーブル 309 の生成方法について、以下に詳細に説明する。

40

【0060】

はじめに、受信局 202 における受信シンボル 410a の電力を制御するための送信局のアンテナ 203a とアンテナ 203b に対する 2 個の送信シンボルを一組として複数列の送信シンボルベクトルの算出方法について述べる。

【0061】

ここで、受信シンボル 306 と受信シンボル 307 をそれぞれ h1 と h2 とし、送信局

50

アンテナ 203a、203b と受信局アンテナ 204a の間の伝搬チャネル特性を表すチャネル行列  $h$  を (式 1) のように定義する。

【0062】

【数 1】

$$h = [h1 \ h2] \quad (1)$$

【0063】

ここで、ベクトル  $h$  を特異値分解 (Singular Value Decomposition) すると、 $h$  は (式 2) のように表すことができる。

10

【0064】

【数 2】

$$h = U \cdot \Lambda \cdot V \quad (2)$$

【0065】

これは、任意の行列を特異値分解することによって、3つの新たな行列の積として表せることに基づいている。(式 2) の場合、 $h$  を 1 行 2 列の行列として考えると、 $U$  は 1 行 1 列の行列と考えることができる。この場合は 1 となる。また、 $\Lambda$  は 1 行 2 列の行列であり、 $V$  の列ベクトル  $v1$  と  $v2$  が  $h$  の特異ベクトルとなる 2 行 2 列の行列である。これらはそれぞれ (式 3) のように表すことができる。

20

【0066】

【数 3】

$$\Lambda = [s \ 0], \quad V = [v1 \ v2] \quad (3)$$

【0067】

ただし、 $s$  はスカラーで、 $v1$  および  $v2$  は共に 2 行 1 列のベクトルである。

【0068】

ここで、送信局 201 が、 $v1$  または  $v2$  を送信データによって選択または多重化するための送信シンボルベクトルとし、送信局アンテナ 203a と 203b から受信局 202

30

へ送信する場合を考える。

【0069】

$v1$  のみで送信するか、または  $v1$  と  $v2$  をベクトル多重して同時に送信する場合の受信信号は (式 4) のように表される。受信シンボル 410a の電力はほぼ  $|s|^2$  に等しい。ここで  $n$  は受信シンボル 410a、 $n$  は主に受信機の熱雑音による雑音成分、 $C1$  はこの処理において送信シンボルベクトルを選択するために  $V$  に掛けられるシンボル選択ベクトルである。

【0070】

【数 4】

$$y = h \cdot (V \cdot C1) + n = s + n, \quad C1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ or } \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

40

【0071】

同様に、 $v2$  のみで送信するかどちらも送信しない場合の受信信号を数式で表すと (式 5) のようになり、受信シンボル 410a の電力はほぼ零に等しい。ただし、シンボル選択ベクトル  $C1$  が  $C0$  に変更された以外は同様の処理となる。

【0072】

【数5】

$$y = h \cdot (V \cdot C0) + n = n, \quad C0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ or } \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

【0078】

以上のことから、シンボル選択ベクトルC(C1またはC0)を用いて送信シンボルベクトルV・Cを算出し、この送信シンボルベクトルV・Cを送信局アンテナ203a、203bの送信シンボルとして送信すること、受信局アンテナ204aにおける受信シンボル410aの電力を制御することが可能となる。

10

【0074】

例えば、送信情報1と0の1ビットの2値で表される場合、送信局201は、送信情報が1のときはV・C1を選択し、送信情報が0のときはV・C0を選択して送信すること、受信局では受信シンボル410aの電力に基づいてビット判定することができるようになる。

【0075】

したがって、送信シンボル算出手段308が生成する参照テーブル308は、図18(a)に示すような構成となる。

【0076】

尚、送信局アンテナ数が3本となる場合は、チャネル行列hが1行3列となることを考慮すれば、送信局アンテナ数が2本の場合と同様の処理が可能である。この場合、V1とV2が3次元のベクトルになり、さらに参照テーブル308は、図18(b)に示すように、アンテナ数が増えた分だけシンボル選択ベクトルCの組み合わせが多くなる。

20

【0077】

このように、送信シンボル算出手段308は、受信局202における受信シンボル410aの電力を制御するための送信局アンテナ203aと送信局アンテナ203bに対する複数組の複素シンボルを算出し、送信シンボルベクトルの参照テーブル309として生成する。

【0078】

シンボルマッピング部311は送信データ310から、受信シンボル410aの電力が特定の値以上、あるいは以下となるような送信シンボル314と送信シンボル315の組み合わせを算出するものである。ここで、このシンボルマッピング部311の構成と動作について、以下に説明する。

30

【0079】

図5はシンボルマッピング部311の構成を示すブロック図である。図5に示すように、送信データ310を入力とするシンボルマッピング部311は、参照テーブル309を記憶しておくテーブル記憶手段312と、シンボル選択手段313とから構成される。

【0080】

シンボル選択手段313は、送信データ310に基づいてテーブル記憶手段312を参照し、送信局アンテナ203aに対応する送信シンボル314と送信局アンテナ203bに対応する送信シンボル315を選択するものである。

40

【0081】

次に、シングルキャリア変調手段316は、送信シンボル314を入力として送信のベースバンド信号317aを生成し、また送信シンボル315を入力として送信のベースバンド信号317bを生成するものである。

【0082】

以上のように構成された送信局311と受信局202間で行われる無線通信方法について以下に説明する。

【0083】

まず、受信局202の既知シンボル生成手段400で生成された既知のシンボル401

50

は、シングルキャリア変調手段402で送信のベースバンド信号403へ変調される。

【0084】

次に、変調された送信のベースバンド信号403は、周波数変換手段404で送信のRF信号405へ変換され、アンテナ204aからシングルキャリア変調信号406aとして発信される。

【0085】

次に、この受信局202より発信された既知のシンボル401のシングルキャリア変調信号406aはアンテナ203a、203bで同時に受信され、周波数変換手段301によりそれぞれ受信のベースバンド信号302a、302bへ変換される。

【0086】

次に、このベースバンド信号302a、302bは伝搬チャネル推定手段305において、基準シンボル生成手段303で生成された基準シンボル304に基づいて処理され、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203a、203b間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル306、307がそれぞれ生成される。

【0087】

次に、この受信シンボル306、307は送信シンボル算出手段308において処理され、送信局アンテナ203a、203bに対する送信シンボルベクトルが算出される。そして、この複数組の送信シンボルベクトルから構成される参照テーブル309が生成される。

【0088】

以上のようにして、送信局201と受信局202との間の伝搬パラメータを、両者が既知のシンボルを用いてあらかじめ算出し、送信局201において参照テーブルとして記憶しておく。

【0089】

次に、送信データ310はシンボルマッピング部311においてこの参照テーブルを用いて、受信局202での受信シンボル410aの電力変化が、送信データ310のデータ列と同一となるような送信シンボル314と送信シンボル315との組み合わせとして算出される。

【0090】

次に、送信シンボル314、315はシングルキャリア変調手段316において処理され、送信のベースバンド信号317a、317bが生成される。

【0091】

次に、送信のベースバンド信号317a、317bは、同時に周波数変換手段301により送信のRF信号318a、318bへ変換された後、送信局アンテナ203a、203bより受信局202に対して送信される。

【0092】

次に、送信局201より送信されたRF信号318aと318bは受信局アンテナ204aにより合成して受信され、周波数変換手段404で受信のベースバンド信号408aへ変換される。

【0093】

次に、このベースバンド信号408aは伝搬パラメータ推定手段409において処理され、直交検波により受信シンボル410aが生成される。

【0094】

次に、この受信シンボル410aはシンボル判定手段411において、予め定めておいた電力の値に基づいて判定が行われ、そして、受信データ412が得られる。

【0095】

以上のようにして、送信局201から送信された秘匿情報を含む送信データ310が復元される。

【0096】

以上の動作について、具体例を示して以下に詳細に説明する。

10

20

30

40

50



【0097】

例えば、送信データ810が2ビットデータ系列の10001101とし、このデータ系列を時系列に送信し、8ビット分の情報を伝送することを考える。

【0098】

まず、送信局201のシンボルマッピング部311では、例えば送信データ810が1の場合は、シンボル選択手段313が受信局202における受信シンボル410αの電力が特定の値以上となるような送信シンボル314と送信シンボル315の組み合わせをテーブル記憶手段312から選択する。また送信データ810が0の場合は、受信シンボル410αの電力が特定の値以下となるような送信シンボル314と送信シンボル315の組み合わせをテーブル記憶手段312から選択する。

10

【0099】

次に、選択された送信シンボルは変調され、アンテナ203α、203βから送信される。

【0100】

次に、これを受信した受信局202では、シンボル判定手段411において、受信シンボル410αの電力が特定の値以上となる場合を1、値以下となる場合を0として判定し復調する。そして、送信データ系列の10001101に対応して、受信シンボル410αの電力を時系列に判定した結果が10001101と一致すれば、データは正しく伝送されたことになる。

【0101】

以上のような制御が可能となるのは、伝搬パラメータが一定と見なせるような状況において、送信アンテナの指向性パターンを変化させると、受信アンテナ端では到来パスの電力や位相差などが変化するためであり、それに応じて受信信号の電力も変化するからである。

20

【0102】

つまり、複素シンボルである送信シンボル314および送信シンボル315の振幅や位相を可変することは、送信局アンテナ203αと送信局アンテナ203βによって形成される合成指向性パターンを変化させることになる。その結果、受信局アンテナ204で受信される受信シンボル410αの信号電力も変化する。

【0103】

さらに、電力スペクトラム206α、206βは、送信局と受信局間で構成される伝搬空間に依存しており、送受信局の位置関係の特徴づけていると考えられる。このため、同じ送信局201からの送信信号であっても、受信局202以外の他の受信局においては、異なる周波数スペクトラムで観測されることになる。

30

【0104】

したがって、以上のような構成によって送信データ810が受信信号の電力に基づいて復調される無線通信システムでは、他の受信局によって第三者が秘匿情報を含む送信データ810を復調または復元することは困難であり、この結果として高いセキュリティで秘匿情報を伝送することが可能となる。

【0105】

以上の説明では、伝搬パラメータとしてシングルキャリアの電力（振幅）に送信データのシンボル情報を重畳する変調方法に関して述べたが、位相にシンボル情報を重畳することも可能である。

40

【0106】

つまり、送信シンボル算出手段308において、送信局アンテナ203αに対応する送信シンボル314と、送信局アンテナ203βに対応する送信シンボル315とをそれぞれ複素シンボルとして、受信局202における受信シンボル410αの位相を制御するための送信シンボルを生成する構成としてもよい。

【0107】

そして、伝搬パラメータ推定手段409では受信シンボル410αを複素シンボルとし

50

て推定する。このため、シンボル判定手段411において、位相を判定基準とするときは、例えば受信シンボル410αをマッピングする複素平面の右側半分と左側半分に分けて、受信シンボル410αがどちらの領域にあるかでシンボル判定することができ、

【0108】

つまり、予め複素平面上の虚数軸を位相判定の境界とすること、例えば受信シンボル410αが複素平面上の右側半分にあるときは1と判定し、左側半分にあるときは0と判定するというようなシンボル判定が可能となる。

【0109】

以上の説明では、伝搬パラメータとしてシングルキャリアの振幅や位相に送信データのシンボル情報を重畳する変調方式に関して述べたが、一方で複数シングルキャリア間の振幅や位相の差分値にシンボル情報を重畳することも可能である。この場合は、予めシンボル判定基準として利用するシングルキャリアを決めておく方法が、またはいくつかのシングルキャリアからなるマルチキャリアのサブセットを構成する方法が可能である。

【0110】

予めシンボル判定基準として利用するシングルキャリアを決めておく方法は、送信局201が送信シンボル情報を受信局202のアンテナにおける受信信号の振幅または位相情報として送信する。受信局202は、シンボル判定基準となるシングルキャリアの振幅または位相と、他のシングルキャリアとの振幅または位相の差分値を算出し、その結果を用いて例えばビット判定処理をすること、送信情報を復調する。

一方で、いくつかのシングルキャリアからなるマルチキャリアのサブセットを構成する方法は、送信局201が送信シンボル情報を予め決められたマルチキャリアのサブセットを構成するシングルキャリア間の相対的な振幅または位相情報として受信局202へ送信する。受信局202は、マルチキャリアのサブセット毎にそれを構成するシングルキャリア間の振幅または位相の差分値を算出し、その結果を用いて、例えばビット判定処理をすること、送信情報を復調することが可能となる。

【0111】

尚、無線通信システム200における伝搬チャネル205αと205βがほぼ一定と見なせるような電波伝搬環境では、予め得られた伝搬チャネル205αと205βの推定値を用いて送信シンボルの参照テーブル309を生成することができ、図3に示した伝搬チャネル推定手段305は必要なくなり送信局201の構成を簡易にすることができ、

【0112】

尚、送信局201のアンテナ数を3本以上とすること、複数のアンテナの組み合わせが利用できるように、他の受信局によって第3の者が秘匿情報を含む送信データ310を復調または復元することがより困難となり、また送信局アンテナ203αとアンテナ203βが互いに異なる指向性パターンや偏波を有すると、第三者によって電力スペクトラム206α、206βを推定することがより困難となるため、さらに高度なセキュリティを確保できる。

【0113】

尚、送信局が下り回線のチャネル状態情報を得る方法としては、無線回線の上りと下りで同一の周波数キャリアを利用するTDDでは、チャネルの双対性(reciprocity)により、受信局からの上り回線を用いて送信局においてチャネル状態情報の推定または測定をすることが可能であり、本発明の実施の形態1はこれに類似する。

【0114】

しかしながら一方で、上りと下りで異なる周波数キャリアを利用するFDDにおいても、受信局において下り回線のチャネル状態情報を推定または測定し、その結果を送信局へ通知することにより、送信局において下り回線の正確なチャネル状態情報を得ることができ、本発明の適用範囲はTDDを採用する無線通信システムに限定されるものではない。

【0115】

10

20

30

40

50

(実施の形態 2)

この実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0118】

図6(a)は、本発明の実施の形態2に係る無線通信システム600を示しており、受信局601が受信局アンテナ204aに加えて受信局アンテナ204bを有することを除いて実施の形態1の無線通信システム200とほぼ同様な構成となる。

【0117】

図6(b)は、送信局アンテナ203aと受信局アンテナ204b間の伝搬チャネル205cのシングルキャリア電力スペクトラム206cを示し、図6(c)は送信局アンテナ203bと受信局アンテナ204b間の伝搬チャネル205dのシングルキャリア電力スペクトラム206dを示している。

【0118】

図7は、受信局601の具体的構成を示すブロック図である。図7において、既知シンボル生成手段400は、既知シンボル401を生成すると共に、時間スロットのタイミングを決める基準クロック信号700を生成するものである。

【0119】

周波数変換手段404は、時間スロットT1、T2に同期させて受信局アンテナ204aと受信局アンテナ204bとを切り換えるものである。これにより、例えば送信のRF信号を時間スロットT1では受信局アンテナ204aからシングルキャリア変調信号406aとして送信し、同じ送信のRF信号を時間スロットT2では受信局アンテナ204bからシングルキャリア変調信号406bとして送信する。

【0120】

図16は本実施の形態に係る送信局201の構成を示すブロック図である。

【0121】

送信局201は、基準シンボル生成手段303が時間スロットT1とT2のタイミングを決める基準クロック信号701を生成し、それぞれのタイミングで2種類の基準シンボルを発生させる点と、伝搬チャネル推定手段305がそれぞれのタイミングでベースバンド信号から受信シンボルを生成している点が実施の形態1のものと異なる。

【0122】

以上のように構成された送信局201と受信局601間とで行われる無線通信方法について以下に説明する。

【0123】

まず、受信局601の既知シンボル生成手段400で生成された既知のシンボル401は、シングルキャリア変調手段402で送信のベースバンド信号403へ変調される。

【0124】

次に、変調された送信のベースバンド信号403は、既知シンボル生成手段400により生成される基準クロック信号700のタイミングで、周波数変換手段404において送信のRF信号407a、407bへ変換される。そして、シングルキャリア変調信号406a、406bがそれぞれ異なる時間スロットT1とT2を用いて別々に、アンテナ204a、204bから発信される。

【0125】

次に、受信局アンテナ204aから送信されたシングルキャリア変調信号406aと、受信局アンテナ204bから送信されたシングルキャリア変調信号406bが送信局201の送信局アンテナ203aと203bで受信される。

【0126】

次に、周波数変換手段301において、受信された受信のRF信号300aと300bからシングルキャリア変調信号406aの受信信号とシングルキャリア変調信号406bの受信信号とが分離される。これにより、時間スロット毎に送信局アンテナ203aと203bに対応する受信のベースバンド信号302aと302bが生成され、伝搬チャネル推定手段305へ出力される。

10

20

30

40

50

## 【0127】

次に、このベースバンド信号302aと302bは伝搬チャネル推定手段305において、時間スロットT1で、基準シンボル生成手段303からの基準シンボル304に基づいて処理され、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203a間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル306aと、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203b間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル307aとがそれぞれ生成される。また、時間スロットT2においても同様にして、受信のベースバンド信号302aと302bから、基準シンボル304に基づいて、受信局アンテナ204bと送信局アンテナ203a間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル306bと、受信局アンテナ204bと送信局アンテナ203b間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル307bとが生成される。

10

## 【0128】

次に、受信局アンテナ204aの受信信号から推定された受信シンボル306aおよび307aと、受信局アンテナ204bの受信信号から推定された受信シンボル306bと307bとは送信シンボル算出手段308において処理され、実施の形態1と同様にして、送信局アンテナ203aおよび送信局アンテナ203bに対する2個の送信シンボルを一組とした複数組の送信シンボルベクトルが算出される。そして、この複数組の送信シンボルベクトルから構成される参照テーブル309が生成される。

## 【0129】

ここで、送信局201の送信シンボル算出手段308において、想定される送信データ310のシンボル情報に対応した参照テーブル309の算出方法について詳細に説明する

20

## 【0130】

送信シンボル算出部308における送信シンボルの算出方法の一例としては、アダプティブアンテナの重み付け係数算出法として一般的に用いられているMMSE (Minimum Mean Square Error) 法[B. Widrow, P. E. Mantey, L. J. Griffiths, and B. B. Goode, "Adaptive Antenna Systems", Proc. IEEE, vol.55, no.12, pp.2148-2158, Dec. 1967.]とZero-forcing法[J. G. Proakis, Digital Communications, 3rd Edition, McGraw Hill, New York, 1995.]を用いた場合について以下で説明する。

30

## 【0131】

MMSE法を用いる場合、例えば受信局アンテナ204bを干渉信号源と考えて送信局アンテナ203aと203bに対する重み付け係数を算出する。そして、その重み付け係数を直接送信シンボルとして用いることにより、受信局601では受信局アンテナ204aにおける受信信号の電力を最大とするような制御が可能となる。

## 【0132】

また、Zero-forcing法を用いる場合、逆に受信局アンテナ204aを干渉信号源と考えて送信局アンテナ203aと203bに対する重み付け係数を算出する。そして、その重み付け係数を直接送信シンボルとして用いることにより、受信局600では受信局アンテナ204bにおける受信信号の電力を最小とするような制御が可能となる。

40

## 【0133】

以下では、Zero-forcing法を用いた送信シンボルの算出方法と、参照テーブル309の生成方法について詳細に説明する。

## 【0134】

はじめに、受信局202における受信シンボル410aおよび410bの電力を制御するための送信局アンテナ203aと送信局アンテナ203bに対する2個の送信シンボルを一組として複数組の送信シンボルベクトルの算出方法について述べる。

## 【0135】

ここで、受信シンボル306aと受信シンボル307aをそれぞれk11とk12とし、また受信シンボル306bと受信シンボル307bをそれぞれk21とk22とし、送

50

信局アンテナ203aおよび203bと受信局アンテナ204aの間の伝搬チャネル特性を表すチャネル行列Hを(式6)のように定義する。

【0136】

【数6】

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \quad (6)$$

【0137】

次に、行列Hの擬似逆行列(Moore Penrose行列)を求めてそれを $H^+$ するとき、(式7) 10  
に示すような特徴がある。

【0138】

ここで、 $H^+$ は2行2列の行列であり、Jは対角要素がs1とs2で他はすべて零となる単位行列である。

【0139】

【数7】

$$H \cdot H^+ = J = \begin{bmatrix} s_1 & 0 \\ 0 & s_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

【0140】

ただし、Hの逆行列が存在する場合には、s1とs2は共に1となる。さらに、 $H^+$ を構成する列ベクトルをw1とw2とし、(式8)のように表すことにする。

【0141】

【数8】

$$H^+ = [w_1 \ w_2] \quad (8)$$

【0142】

ここで、送信局201が、w1またはw2を送信データによって選択または多重化する 30  
ための送信シンボルベクトルとし、送信局アンテナ203aと203bを用いて受信局202に対して送信する場合を考える。

【0143】

(式7)と(式8)とより、w1のみで送信する場合の受信信号を数式で表すと(式9)のようになり、受信シンボル410aの電力はほぼ $|s_1|^2$ に等しく、一方で受信シンボル410bの電力はほぼ零に等しい。

【0144】

【数9】

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = H \cdot (H^+ \cdot C_{10}) + n = \begin{bmatrix} s_1 \\ 0 \end{bmatrix} + n, \quad C_{10} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9) \quad 40$$

【0145】

ここで、 $y_1$ は受信シンボル410a、 $y_2$ は受信シンボル410b、nは主に受信機の熱雑音による雑音成分ベクトル、 $C_{10}$ はこの処理において送信シンボルベクトルを選択するためにHに掛けられるシンボル選択ベクトルである。

【0146】

また、w2のみで送信する場合の受信信号を数式で表すと(式10)のようになり、受信シンボル410aの電力はほぼ零に等しく、一方で受信シンボル410bの電力はほぼ $|s_2|^2$ に等しい。

【0147】

【数10】

$$y = \begin{bmatrix} y1 \\ y2 \end{bmatrix} = H \cdot (H^+ \cdot C01) + n = \begin{bmatrix} 0 \\ s2 \end{bmatrix} + n, \quad C01 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

【0148】

ここで、C01はこの処理において送信シンボルベクトルを選択するためにHに掛けられるシンボル選択ベクトルである。

【0149】

さらに、w1とw2をベクトル多重化して送信する場合の受信信号を数式で表すと(式11)のようになり、受信シンボル410aの電力はほぼ $|s1|^2$ に等しく、一方受信シンボル410bの電力はほぼ $|s2|^2$ に等しい。

【0150】

【数11】

$$y = \begin{bmatrix} y1 \\ y2 \end{bmatrix} = H \cdot (H^+ \cdot C11) + n = \begin{bmatrix} s1 \\ s2 \end{bmatrix} + n, \quad C11 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

【0151】

ここで、C11はこの処理において送信シンボルベクトルを選択するためにHに掛けられるシンボル選択ベクトルである。

【0152】

尚、w1およびw2を共に送信しない場合の受信信号は(式12)のようになり、当然のことながら、受信シンボル410aと410bの電力は共にほぼ零に等しくなる。

【0153】

【数12】

$$y = \begin{bmatrix} y1 \\ y2 \end{bmatrix} = H \cdot (H^+ \cdot C00) + n = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} + n, \quad C00 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

【0154】

ここで、C00はこの処理において送信シンボルベクトルを選択するためにHに掛けられるシンボル選択ベクトルである。

【0155】

以上のことから、シンボル選択ベクトルC(C10、C01、C11、C00)を用いて送信シンボルベクトル $H^+ \cdot C$ を算出し、この送信シンボルベクトル $H^+ \cdot C$ を送信局アンテナ203aと203bの送信シンボルとして送信することで、受信局アンテナ204aにおける受信シンボル410aの電力を制御することが可能となる。

【0156】

例えば、送信情報10、01、11、00と2ビットの4値で表されている場合、送信局201が、送信ビットが1のときは $H^+ \cdot C0$ を選択し、送信ビットが0のときは $H^+ \cdot C1$ を選択して送信することで、受信局では受信シンボル410aの電力に基づいてビット判定をすることができるようになる。

【0157】

したがって、送信シンボル算出手段308が生成する参照テーブル308は、図19に示すような構成となる。

【0158】

尚、送信局アンテナ数が3本となる場合は、チャネル行列Hが2行3列となることを考慮すれば、送信局アンテナ数が2本の場合と同様の処理が可能であるが、 $H^+$ が2行3列の

10

20

30

40

50

行列となるため  $w_1$  と  $w_2$  がそれぞれ 3 次元のベクトルとなる。

【0159】

以上のようにして、送信局 201 と受信局 601 との間の伝搬パラメータを、両者が既知のシンボルを用いてあらかじめ算出し、参照テーブルとして記憶しておく。

【0160】

次に、送信データ 310 はシンボルマッピング部 311 においてこの参照テーブルを用いて、受信局 202 での受信シンボル 410 $\alpha$  の電力変化が、送信データ 310 のデータ列と同一となるような送信シンボル 314 と送信シンボル 315 との組み合わせとして算出される。

【0161】

次に、送信シンボル 314、315 はシングルキャリア変調手段 316 において処理され、送信のベースバンド信号 317 $\alpha$ 、317 $\beta$  が生成される。

【0162】

次に、送信のベースバンド信号 317 $\alpha$ 、317 $\beta$  は、同時に周波数変換手段 301 により送信の RF 信号 318 $\alpha$ 、318 $\beta$  へ変換された後、送信局アンテナ 203 $\alpha$ 、203 $\beta$  より受信局 202 に対して送信される。

【0163】

次に、送信局 201 より送信された RF 信号 318 $\alpha$  と 318 $\beta$  は受信局アンテナ 204 $\alpha$  により合成して受信され、周波数変換手段 404 で受信のベースバンド信号 408 $\alpha$  へ変換される。一方、受信局アンテナ 204 $\beta$  においても、同様にして、RF 信号 318 $\alpha$  と 318 $\beta$  は合成して受信され、周波数変換手段 404 で受信のベースバンド信号 408 $\beta$  へ変換される。

【0164】

次に、このベースバンド信号 408 $\alpha$  は伝搬パラメータ推定手段 409 において直交検波され、複素シンボルである受信シンボル 410 $\alpha$  が生成される。ベースバンド信号 408 $\beta$  も同様にして、伝搬パラメータ推定手段 409 において直交検波され、複素シンボルである受信シンボル 410 $\beta$  が生成される。

【0165】

次に、この受信シンボル 410 $\alpha$  および 410 $\beta$  はシンボル判定手段 411 において、それらの電力差が算出され、その電力差が予め決めておいた値に基づいて判定される。すなわち、電力差が値以上または以下であるかによってシンボルが 1 または 0 であると判定する。その結果が、受信データ 412 として出力される。

【0166】

以上のようにして、送信局 201 から送信された秘匿情報を含む送信データ 310 が復元される。

【0167】

したがって、送信データ 310 が受信局アンテナ 204 $\alpha$  と 204 $\beta$  のアンテナ間の相対的な受信電力差に基づいて復調される無線通信システムでは、他の受信局によって第三者が秘匿情報を含む送信データ 310 を復調または復元するためには、受信局 601 の 2 本のアンテナと送信局の 2 本のアンテナ間で構成される 4 つの伝搬チャネルをすべて特定する必要がある。このため、本実施の形態はさらに高いセキュリティで秘匿情報を伝送することが可能である。

【0168】

尚、受信局 601 において既知シンボル 401 のシングルキャリア変調信号 406 は、受信局アンテナ 204 $\alpha$  と 204 $\beta$  からそれぞれ異なる時間スロット T1 と T2 を用いて別々に送信される構成としたが、これに限らず、互いに符号が直交する既知シンボル P1 と P2 を用いて、同一のタイムスロットで受信局アンテナ 204 $\alpha$  から既知シンボル P1 を送信し、受信局アンテナ 204 $\beta$  から既知シンボル P2 を送信する構成としても良い。

【0169】

この場合、送信局 201 において、基準シンボル生成手段 303 は、既知のシンボル P

10

20

30

40

50

1と同一シンボルである基準シンボル304aと、既知のシンボルP2と同一シンボルである基準シンボル304bとを生成する。そして、伝搬チャネル推定手段305は、受信のベースバンド信号302aと302bを入力とし、基準シンボル304aに基づいて、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203a間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル306aと、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203b間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル307aとを生成する。同様にして受信のベースバンド信号302aと302bを入力とし、基準シンボル304bに基づいて、受信局アンテナ204bと送信局アンテナ203a間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル306bと、受信局アンテナ204bと送信局アンテナ203b間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル307bとを生成する。

10

#### 【0170】

図20(a)乃至(c)は、既知シンボル401および既知シンボルP1またはP2の送信時間の割当方法を示した図である。図20(a)は、既知シンボル401を2本の受信アンテナ204aおよび204bから時分割で送信する場合の例を示している。例えば既知シンボル401をT1の時間内において受信アンテナ204aから送信し、T2の時間内において受信アンテナ204bから送信する。このとき、既知シンボル401を2本のアンテナから送信するのにかかる時間をTRとする。

#### 【0171】

また、図20(b)はTRの時間内において、互いに符号が直交する既知シンボルP1とP2をそれぞれ受信アンテナ204aと204bから多重して同時に送信する場合の例を示している。

20

#### 【0172】

さらに、携帯電話に代表されるセルラのTDMA(時分割多重接続)方式やWLANの周波数検出接続(キャリアセンスアクセス)方式などの複数の通信チャネルが互いに時間を分け合って接続を確保する無線通信システムにおいて、前述した既知シンボルを送信するのに必要な時間TRの割当て方法について、図20(c)を用いて説明する。

#### 【0173】

図20(c)において、TD1およびTD2はそれぞれ異なる通信チャネルに割り当てられている時間を表しており、通常、送信データ系列の長さに依存して、TD1およびTD2も可変すると考えられる。さらに、TD1とTD2が占有する時間は必ずしも周期的に割り当てられている必要もない。したがって、既知シンボルを送信する時間TRは、予めTD1およびTD2が占有していない時間を利用することと決めておくことで、受信局202はTRをTD1およびTD2が占有していない時間内に適当なタイミングで割り当てて、既知シンボルを送信することができるとする。

30

#### 【0174】

尚、受信局801のアンテナ数を3本以上とすることでより多くのアンテナの組み合わせが利用できるように、他の受信局によって第3の者が秘匿情報を含む送信データ310を復調または復元することがより困難となり、さらに高度なセキュリティを確保できる。

#### 【0175】

##### (実施の形態3)

図8(a)は、本実施の形態に係る無線通信システム800を示す。図8(a)において、無線通信システム800は、送信局801および受信局802を有し、OFDM等に代表されるマルチキャリア無線通信を行う点が、実施の形態1の無線通信システムとは異なる。

40

#### 【0176】

図8(b)は、マルチキャリアを構成する8本のサブキャリア成分803a乃至803hを示し、図8(c)は送信局アンテナ203aと受信局アンテナ204a間の伝搬チャネル205aのマルチキャリア電力スペクトラム804aを示し、図8(d)は送信局アンテナ203bと受信局アンテナ204a間の伝搬チャネル205bのマルチキャリア電力スペクトラム804bを示している。また、各サブキャリア成分の伝搬チャネル推定値

50



から求められる電力スペクトラム 804a、804b がマルチキャリア全体の周波数スペクトラムを構成している。ただし、サブキャリア数は 8 本に限定されるものではなく、ここでは本実施の形態を説明するために便宜的に 8 本のサブキャリア構成を用いている。

#### 【0177】

実施の形態 1 において述べたように、マルチキャリア電力スペクトラム 804a とマルチキャリア電力スペクトラム 804b とは互いに異なる特性を示し、さらに伝搬路が異なる他の無線局で推定されるマルチキャリアの周波数スペクトラムも当然ながら異なる特性を有することになる。

#### 【0178】

次に送信局 801 の具体的構成を図 9 および図 11 に示すと共に、受信局 802 の具体的構成を図 10 に示す。

10

#### 【0179】

図 10 において、既知シンボル生成手段 1000 は、サブキャリア成分 803a ~ 803n のそれぞれに対して送信局 801 と受信局 802 間で共有する既知のシンボル 1001 を生成するものであり、マルチキャリア変調手段 1002 はサブキャリア成分 803a ~ 803n を用いて既知のシンボル 1001 を送信のベースバンド信号 1008 へと変調するものであり、周波数変換手段 1004 は送信のベースバンド信号 1004 を送信の RF 信号 1005 へと変換したり、アンテナ 204a で受信した RF 信号をベースバンド信号 1008a へと変換するものである。伝搬パラメータ推定手段 1009 は、受信のベースバンド信号 1008a を直交検波により複素シンボルである受信シンボル 1010a 乃至 1010n を生成するものであり、シンボル判定手段 411 は、受信シンボル 1010a 乃至 1010n について予め決めておいた判定基準に基づいてシンボルの判定処理を行うものであり、アンテナ 204a は RF 信号 1005 をマルチキャリア変調信号 1006a として発信するものである。

20

#### 【0180】

図 9 において、送信局 801 の送信局アンテナ 203a と 203b は、受信局 802 より発信された RF 信号を同時に受信したり、送信したりするものであり、周波数変換手段 901 は受信の RF 信号 900a、900b をそれぞれ受信のベースバンド信号 902a と 902b へと変換するものである。

#### 【0181】

また、基準シンボル生成手段 903 は、既知のシンボル 1001 と同一のシンボルであって、受信ベースバンド信号 902a と 902b の位相基準を与える基準シンボル 904 を生成するものであり、キャリア分離手段 920 は、受信のベースバンド信号 902a と 902b を高速フーリエ変換 (FFT) 処理や帯域制限フィルタリング処理により 8 本のサブキャリア成分 803a ~ 803n に分離するものであり、伝搬チャネル推定手段 905 は、基準シンボル 904 に基づいて、受信局アンテナ 204a と送信局アンテナ 203a 間の複素伝搬チャネルの推定値である 8 個の受信シンボル 906a ~ 906n と、受信局アンテナ 204a と送信局アンテナ 203b 間の複素伝搬チャネルの推定値である 8 個の受信シンボル 907a ~ 907n とを生成するものである。

30

#### 【0182】

送信シンボル算出手段 908a ~ 908n は、8 本のサブキャリア成分 803a ~ 803n に対応づけられている。

40

#### 【0183】

この送信シンボル算出手段 908a ~ 908n は、送信局アンテナ 203a および送信局アンテナ 203b に対する 2 個の送信シンボルを一組とした複数組の送信シンボルベクトルを算出し、サブキャリア成分 803a ~ 803n 毎に算出された、この複数組の送信シンボルベクトルから構成される 8 個の参照テーブル 909a ~ 909n を生成するものである。たとえば、サブキャリア成分 803a に対応する送信シンボル算出手段 908a はサブキャリア成分 803a に対応する受信シンボル 906a、907a から、実施の形態 1 と同様にして、受信局 802 における受信シンボル 1010a の電力を制御するため

50

の送信局アンテナ203aと送信局アンテナ203bに対する複数組の複素シンボルを算出し、参照テーブル909aを生成する。すべてのサブキャリア成分について、この処理がなされ、送信シンボルの参照テーブル909a~909kが生成される。

【0184】

シリアル/パラレル変換手段911は送信データ系列910をサブキャリア成分数毎にパラレル変換するものである。

【0185】

シンボルマッピング部913は送信データ912a~912kから、受信局802の受信シンボル1010a~1010kの電力が特定の値以上、あるいは以下となるような送信シンボル916a~916bと送信シンボル917a~917kとの組み合わせを算出するものである。ここで、このシンボルマッピング部913の構成について、以下に説明する。

10

【0186】

図11はシンボルマッピング部913の構成を示すブロック図である。

【0187】

図11において、シンボルマッピング部913は、参照テーブル909a~909kを記憶しておくテーブル記憶手段914a~914kと、シンボル選択手段915a~915kとから構成される。

【0188】

シンボル選択手段915a~915kは、送信データ912a~912kに基づいてサブキャリア成分803a~803k毎にテーブル記憶手段914a~914kを参照して、送信局アンテナ203aに対応する送信シンボル916a~916kと送信局アンテナ203bに対応する送信シンボル917a~917kを選択するものである。

20

【0189】

次に、マルチキャリア変調手段918は、送信シンボル916a~916kを入力として8本のサブキャリア成分803a~803kを用いて送信のベースバンド信号919aを生成し、また送信シンボル917a~917kを入力として8本のサブキャリア成分803a~803kを用いて送信のベースバンド信号919bを生成するものである。

【0190】

以上のように構成された送信局801と受信局802との間で行われる無線通信方法について、以下に説明する。

30

【0191】

まず、受信局802の既知シンボル生成手段1000でサブキャリア成分803a~803k毎に生成された既知のシンボル1001は、マルチキャリア変調手段1002で送信のベースバンド信号1003へ変調される。

【0192】

次に、変調された送信のベースバンド信号1003は、周波数変換手段1004で送信のRF信号1005へ変換され、アンテナ204aからマルチキャリア変調信号1006aとして発信される。

【0193】

次に、この受信局802より発信された既知のシンボル1001のマルチキャリア変調信号1006aは送信局801のアンテナ203a、203bで同時に受信され、周波数変換手段901によりそれぞれ受信のベースバンド信号902a、902bへ変換される。

40

【0194】

次に、このベースバンド信号902a、902bはキャリア分離手段920で、8本のサブキャリア成分803a~803kに分離される。そして、伝搬チャネル推定手段905において、基準シンボル生成手段903で生成された基準シンボル904に基づいて処理され、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203a、203b間の複素伝搬チャネルの推定値である、それぞれ8個の受信シンボル906a~906kと907a~907kが生成される。

50

7 kとが生成される。

【0195】

次に、この受信シンボル906a~906kと907a~907kは送信シンボル算出手段908a~908kにおいて処理され、送信局アンテナ203a、203bに対する複数組の送信シンボルベクトルが算出される。そして、この複数組の送信シンボルベクトルから構成される8個の参照テーブル909a~909kが生成される。

【0196】

以上のようにして、送信局801と受信局802との間の伝搬パラメータを、両者が既知のシンボルを用いてあらかじめ算出し、参照テーブルとして記憶しておく。

【0197】

このような状態で、秘匿したい送信データ910は、まず、シリアル/パラレル変換手段911でパラレル変換され、シンボルマッピング部811に入力される。

【0198】

次に、8本に分離された送信信号912a~912kは、シンボルマッピング部913において、参照テーブルを用いて、受信局802での受信シンボル1010a~1010kの電力変化が、送信データ910のデータ列と同一となるような送信シンボル916aと送信シンボル917aとの組み合わせ、乃至送信シンボル916kと送信シンボル917kとの組み合わせの8個の組み合わせとして算出される。

【0199】

次に、送信シンボル916a~916k、917a~917kはマルチキャリア変調手段918において処理され、送信のベースバンド信号919a、919bが生成される。

【0200】

次に、送信のベースバンド信号919aは、周波数変換手段901により送信のRF信号900aへ変換された後、送信局アンテナ203aより受信局802に対して送信される。また、同時に送信のベースバンド信号919bは、周波数変換手段901により送信のRF信号900bへ変換された後、送信局アンテナ203bより受信局802に対して送信される。

【0201】

次に、受信局802では、送信局801の送信局アンテナ203aにより送信された送信のRF信号900aと、送信局アンテナ203bにより送信された送信のRF信号900bとが受信局アンテナ204aにより合成して受信される。この受信されたRF信号1005は周波数変換手段1004により受信のベースバンド信号1008へ変換される。

【0202】

このベースバンド信号1008aは、キャリア分離手段1020において、高速フーリエ変換(FFT)または帯域制限フィルタリングの処理がされた後、直交検波により8本のサブキャリア成分803a~803kに分離される。

【0203】

次に、サブキャリア成分に分離された信号1021a~1021kから、伝搬パラメータ推定手段1009において、複素シンボルである受信シンボル1010a~1010kが検出され、生成される。

【0204】

次に、生成された受信シンボル1010a~1010kは、シンボル判定手段1011において、予め決めておいた判定基準に基づいて、シンボルの判定処理が行われ、受信データ1012a~1012kが生成される。

【0205】

次に、この受信データ1012a~1012kは、パラレル/シリアル変換手段1013において、シリアルデータ系列である受信データ系列1014に変換され、送信局801から送信された秘匿情報を含む送信データ系列910が復元される。

【0206】

以上の動作について、図14を用いて具体的に説明する。

10

20

30

40

50

## 【0207】

例えば、送信データ系列910が2ビットデータ系列で“10001101”とし、このデータ系列をサブキャリア成分に対して順番に割り当てて8ビット分の情報を伝送することを考える。

## 【0208】

まず、送信局801のシンボルマッピング部913で、例えば送信データ912aが1の場合は、シンボル選択手段915aが受信局802における受信シンボル1010aの電力が特定の値以上となるような送信シンボル916aと送信シンボル917aの組み合わせをテーブル記憶手段914aから選択する。また、送信データ912aが0の場合は、受信シンボル1010aの電力が特定の電力値1401以下となるような送信シンボル916aと送信シンボル917aの組み合わせをテーブル記憶手段914aから選択する。

10

## 【0209】

次に、選択された送信シンボルは変調され、アンテナ203a、203bから送信される。

## 【0210】

次に、これを受信した受信局802のシンボル判定手段1011において、受信のベースバンド信号1008から8本のサブキャリア成分803a~803hに分離された受信シンボル1010a~1010hのそれぞれのシンボルの電力が、特定の電力値1400以上となる場合を1、値以下となる場合を0として判定し復調される。そして、送信データ系列の10001101に対応して、受信シンボルを1010a~1010hの電力の判定結果が10001101と一致すれば、データは正しく伝送されたことになる。

20

## 【0211】

このような制御が可能となるのは、送信アンテナの指向性パターンを変化させると、受信アンテナ端では到来パスの電力や位相差などが変化するためであり、それに応じて受信信号のマルチキャリア電力スペクトラムも変化する。

## 【0212】

つまり、複素シンボルである送信シンボル916a~916hおよび送信シンボル917a~917hの振幅や位相を可変することは、送信局アンテナ203aと203bによって形成される合成指向性パターンを変化させることになるので、受信局アンテナ204aで受信される受信シンボル1010a~1010hの信号電力も変化する。

30

## 【0213】

さらに、マルチキャリア電力スペクトラム804aと804bは、送信局と受信局間で構成される伝搬空間に依存しており送受信局の位置関係特徴づけている。このため、同じ送信局801からの送信信号であっても受信局802以外の他の受信局においては、受信局802におけるマルチキャリア電力スペクトラム804aや804bとは異なる周波数スペクトラムが観測されることになる。

## 【0214】

したがって、本実施の形態によれば、他の受信局によって第三者が秘匿情報を含む送信データ系列910を復調または復元することは困難である。

40

## 【0215】

また、送信シンボル算出手段908a~908hにおいて、送信局アンテナ203aに対応する送信シンボル916a~916hと送信局アンテナ203bに対応する送信シンボル917a~917hはそれぞれ複素シンボルである。そして、上記の実施の形態では、その振幅を可変して受信局802における受信シンボル1010a~1010hの電力を制御するための送信シンボルを求める場合について説明した。しかし、これに限らず、送信シンボル算出手段908a~908hが受信局802における受信シンボル1010a~1010hの位相を制御するための送信シンボルを生成する構成としてもよい。

## 【0216】

この場合、伝搬パラメータ推定手段1009では受信シンボル1010a~1010h

50

をそれぞれ複素シンボルとして推定する。このため、シンボル判定手段1009において、例えば受信シンボル1010a~1010nを基準シンボルとの位相差として複素平面上にマッピングし、この複素平面を右側半分と左側半分に分けて、受信シンボル1010a~1010nがどちらの領域にあるかでシンボル判定することができる。

【0217】

つまり、予め複素平面上の虚数軸を位相判定の境界とすること、例えば受信シンボル1010a~1010nが複素平面上の右側半分にあるときは1と判定し、左側半分にあるときは0と判定するというようなシンボル判定が可能となる。

【0218】

この実施の形態の無線通信システム800は、第三者が送信データ系列910を特定しようとした場合に、複数のサブキャリア成分すべてにおいて送信局801と受信局802の伝機チャネルを正しく推定する必要があるため、シングルキャリアの無線通信システムと比較して、さらに高度なセキュリティでのデータ伝送が可能となる。

【0219】

なお、以上の説明では、OFDMに代表される周波数多重化方式を想定した無線通信システムの構成を述べてきたが、OFDMのサブキャリア成分をCDMAの拡散符号に対応付けることで、本実施の形態と同様な構成による無線通信システムを用いて、CDMAに対しても適用することができる。

【0220】

また、スペクトラム拡散変調方式を用いたCDMAを想定した場合、本実施の形態の無線通信システムは、サブキャリア成分803a~803nを拡散符号C1~C8として置き換える。以下に、このときの動作について説明する。

【0221】

はじめに、受信局802ではマルチキャリア変調手段1002が既知のシンボル1001を拡散符号C1~C8により拡散して送信のベースバンド信号1003を生成し、受信局アンテナ204aにより送信する。

【0222】

次に、送信局801で、伝機チャネル推定手段905が、受信のベースバンド信号902aと902bを8個の拡散符号C1~C8を用いた逆拡散処理をした後、基準シンボル904に基づいて、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203a間の複素伝機チャネルの推定値である8個の受信シンボル906a~906nと、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203b間の複素伝機チャネルの推定値である8個の受信シンボル907a~907nとを生成する。

【0223】

次に、送信シンボル算出手段908a~908nにおいて、受信シンボル906a~908n、907a~907nから、送信局アンテナ203aおよび送信局アンテナ203bに対する2個の送信シンボルを一組とした複数組の送信シンボルベクトルが算出され、拡散符号C1~C8毎に算出されたこの複数組の送信シンボルベクトルから構成される8個の参照テーブル909a~909nが生成される。

【0224】

以上のようにして、送信局801と受信局802との間の伝機パラメータを、両者が既知のシンボルを用いてあらかじめ算出し、参照テーブルとして記憶しておく。

【0225】

次に、送信データ910が拡散符号数を8とした場合、シリアル/パラレル変換手段911においてパラレル変換され、送信データ系列910を8データ毎にハフフリングされる。この送信データ912a~912nは、パラレルにシンボルマッピング部913へ出力される。

【0226】

次に、シンボルマッピング部913において、送信データ912a~912nは、参照テーブルを用いて、受信局802での受信シンボル1010a~1010nの電力変化が

10

20

30

40

50

、送信データ910のデータ列と同一となるような送信シンボル916aと送信シンボル917aとの組み合わせ、乃至送信シンボル916bと送信シンボル917bとの組み合わせとして算出される。

【0227】

次に、マルチキャリア変調手段918において、送信シンボル916a~916bが8個の拡散符号C1~C8を用いた拡散処理により送信のベースバンド信号919aを生成し送信局アンテナ203aから送信される。同様に、送信シンボル917a~917bが8個の拡散符号C1~C8を用いた拡散処理により送信のベースバンド信号919bを生成し送信局アンテナ203bから送信される。

【0228】

次に、受信局802では、アンテナ204aで受信された信号が伝搬パラメータ推定手段1009において、受信のベースバンド信号1008に対して8個の拡散符号C1~C8を用いた逆拡散処理される。その後、直交検波により8個の拡散符号C1~C8について分離して検出された複素シンボルである受信シンボル1010a~1010bが生成される。

【0229】

次に、シンボル判定手段1011において、受信シンボル1010a~1010bから秘匿情報を含む送信データ系列910が復元される。

【0230】

以上のようなCDMAを用いた無線通信システムでは、拡散符号を用いることで得られる秘話性に加えて、伝搬パラメータのランダム性を利用した変調方式を用いることで、さらに高度なセキュリティが確保できる。

【0231】

尚、無線通信システム200における伝搬チャネル205a、205bがほぼ一定と見なせるような電波伝搬環境では、予め得られた伝搬チャネル205aと205bの推定値を用いて送信シンボルの参照テーブル909a~909bを生成することができる。この場合は、図9に示した伝搬チャネル推定手段905は必要なくなり送信局801の構成を簡易にすることができる。

【0232】

尚、送信局801のアンテナ数を8本以上とすることで複数のアンテナの組み合わせが利用できるため、他の受信局によって第三者が秘匿情報を含む送信データ系列910を復調または復元することがより困難となる。さらにまた、送信局アンテナ203aとアンテナ203bが互いに異なる指向性パターンや偏波を有するようにした場合、第三者によって電力スペクトラム206aと206bを推定することがより困難となり、さらに高度なセキュリティを確保できる。

【0233】

(実施の形態4)

図12(a)は、本発明の実施の形態4に係る無線通信システム1200を示しており、受信局1201が受信局アンテナ204aに加えて受信局アンテナ204bを有することを除いて実施の形態3の無線通信システム800とほぼ同様な構成となる。

【0234】

図12(b)は、送信局アンテナ203aと受信局アンテナ204b間の伝搬チャネル205cのマルチキャリア電力スペクトラム804cを示し、図12(c)は送信局アンテナ203bと受信局アンテナ204b間の伝搬チャネル205dのマルチキャリア電力スペクトラム804dを示している。なお、マルチキャリアを構成する8本のサブキャリア成分803a~803bについては、図8(b)で示したものと同一である。

【0235】

図13は、受信局1201の具体的構成を示している。図13において、既知シンボル生成手段1000は、サブキャリア成分803a~803bのそれぞれに対する既知のシンボル1001のマルチキャリア変調信号1003は、実施の形態2と同様に、受信局ア

10

20

30

40

50

ンテナ 204a と 204b によりそれぞれ異なる時間スロット T1 と T2 を用いて別々に送信される。この各時間スロットのタイミングを決める基準クロック信号 1300 は既知シンボル生成手段 1000 により生成される。

【0236】

図 17 は、本実施の形態における送信局 801 の構成を示すブロック図である。図 17 において、基準シンボル生成手段 903 が時間スロット T1 と T2 のタイミングを決める基準クロック信号 1301 を生成する点が実施の形態 8 における送信局と異なる。

【0237】

以上のように構成された送信局 801 と受信局 1201 との間で行われる無線通信方法について、以下に説明する。

【0238】

まず、受信局 1201 の既知シンボル生成手段 1000 でサブキャリア成分 803a ~ 803k 毎に生成された既知のシンボル 1001 は、マルチキャリア変調手段 1002 で送信のベースバンド信号 1003 へ変調される。

【0239】

次に、変調された送信のベースバンド信号 1003 は、周波数変換手段 1004 が、時間スロットに同期させて受信局アンテナ 204a と 204b を切り換える。これにより、例えば送信の RF 信号 1005a が時間スロット T1 で受信局アンテナ 204a からマルチキャリア変調信号 1006a として送信され、同じ送信の RF 信号 1005b が時間スロット T2 で受信局アンテナ 204b からマルチキャリア変調信号 1006b として送信される。

【0240】

次に、送信局 801 では、送信局アンテナ 203a と 203b を用いて、受信局アンテナ 204a から送信されたマルチキャリア変調信号 1006a と、受信局アンテナ 204b から送信されたマルチキャリア変調信号 1006b を受信する。

【0241】

次に、周波数変換手段 901 において、マルチキャリア変調信号 1006a の受信信号とマルチキャリア変調信号 1006b の受信信号とに分離される。そして、時間スロット毎に送信局アンテナ 203a と 203b に対応する受信のベースバンド信号 902a と 902b が生成され、キャリア分離手段 920 において、時間スロット T1 で、受信のベースバンド信号 902a と 902b を高速フーリエ変換 (FFT) 処理や帯域制限フィルタリング処理により 8 本のサブキャリア成分 803a ~ 803k であるサブキャリア信号 921a ~ 921k、922a ~ 922k に分離される。

【0242】

次に、伝搬チャネル推定手段において、基準シンボル 904 に基づいて処理され、受信局アンテナ 204a と送信局アンテナ 203a 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル 906a ~ 906k と、受信局アンテナ 204a と送信局アンテナ 203b 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル 907a ~ 907k とがそれぞれ生成される。

【0243】

また、時間スロット T2 においても同様にして、受信のベースバンド信号 902a と 902b を入力とし、8 本のサブキャリア成分 803a ~ 803k であるサブキャリア信号 921i ~ 921p、922i ~ 922p に分離される。そして、基準シンボル 904 に基づいて、受信局アンテナ 204b と送信局アンテナ 203a 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル 906i ~ 906p と、受信局アンテナ 204a と送信局アンテナ 203b 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル 907i ~ 907p が生成される。

【0244】

次に、受信局アンテナ 204a の受信信号から推定された受信シンボル 906a ~ 906k および 907a ~ 907k と、受信局アンテナ 204b の受信信号から推定された受

10

20

30

40

50

信シンボル $906i \sim 906P$ と $907i \sim 907P$ は、送信シンボル算出手段 $908a \sim 908k$ において処理され、送信局アンテナ $203a$ および送信局アンテナ $203b$ に対する2個の送信シンボルを一組とした複数組の送信シンボルベクトルが算出される。そして、サブキャリア成分 $803a \sim 803k$ 毎に算出されたこの複数組の送信シンボルベクトルから構成される8個の参照テーブル $909a \sim 909k$ が生成される。

【0245】

以上のようにして、送信局 $801$ と受信局 $1201$ との間の伝搬パラメータを、両者が既知のシンボルを用いてあらかじめ算出し、参照テーブルとして記憶しておく。

【0246】

このような状態で、秘匿したい送信データ $910$ は、まず、シリアル/パラレル変換手段 $911$ でパラレル変換され、シンボルマッピング部 $311$ に入力される。

【0247】

次に、8本に分離された送信信号 $912a \sim 912k$ は、シンボルマッピング部 $913$ において、参照テーブルを用いて、受信局 $1201$ での受信シンボル $1010a \sim 1010k$ 、 $1010i \sim 1010P$ の電力変化が、送信データ $910$ のデータ列と同一となるような送信シンボル $916a$ と送信シンボル $917a$ との組み合わせ、乃至送信シンボル $916k$ と送信シンボル $917k$ との組み合わせと、送信シンボル $916i$ と送信シンボル $917i$ との組み合わせ、乃至送信シンボル $916P$ と送信シンボル $917P$ との組み合わせとの16個の組合せとして算出される。

【0248】

次に、送信シンボル $916a \sim 916k$ 、 $917a \sim 917k$ 、 $916i \sim 916P$ 、 $917i \sim 917P$ はマルチキャリア変調手段 $918$ において処理され、送信のベースバンド信号 $919a$ 、 $919b$ が生成される。

【0249】

次に、送信のベースバンド信号 $919a$ は、周波数変換手段 $901$ により送信のRF信号 $900a$ へ変換された後、送信局アンテナ $203a$ より受信局 $1201$ に対して送信される。また、同時に送信のベースバンド信号 $919b$ は、周波数変換手段 $901$ により送信のRF信号 $900b$ へと変換された後、送信局アンテナ $203b$ より受信局 $802$ に対して送信される。

【0250】

次に、受信局 $1201$ では、送信局 $801$ の送信局アンテナ $203a$ により送信された送信のRF信号 $900a$ と送信局アンテナ $203b$ により送信された送信のRF信号 $900b$ を受信局アンテナ $204a$ により合成して受信し、得られたRF信号 $1005a$ は周波数変換手段 $1004$ により受信のベースバンド信号 $1008a$ へと変換される。

【0251】

同様にして、送信のRF信号 $900a$ と送信のRF信号 $900b$ を受信局アンテナ $204b$ により合成して受信し、得られたRF信号 $1005b$ は周波数変換手段 $1004$ により受信のベースバンド信号 $1008b$ へと変換される。

【0252】

次に、キャリア分離手段 $1020$ において、受信のベースバンド信号 $1008a$ は高速フーリエ変換(FFT)または帯域制限フィルタリングの処理をされる。

【0253】

その後、伝搬パラメータ推定手段 $1009$ において、複素シンボルである受信シンボル $1010a \sim 1010k$ が直交検波により8本のサブキャリア成分 $803a \sim 803k$ に分離して検出され、生成される。また、同様にして受信のベースバンド信号 $1008b$ がキャリア分離手段 $1020$ において、高速フーリエ変換(FFT)または帯域制限フィルタリングの処理をされた後、直交検波により8本のサブキャリア成分 $803a \sim 803k$ に分離して検出された複素シンボルである受信シンボル $1010i \sim 1010P$ が生成される。

【0254】

10

20

30

40

50



次に、シンボル判定手段1011において、受信シンボル1010a~1010kおよび1010i~1010Pの電力差が算出される。そして、予め定められていた判定基準に基づいてシンボルの判定処理が行われ、受信データ1012a~1012kが生成される。

#### 【0255】

次に、この受信データ1012a~1012kは、パラレル/シリアル変換手段1013において、シリアルデータの系列である受信データ系列1014に変換され、送信局801から送信された秘匿情報を含む送信データ系列910が復元される。

#### 【0256】

図15は、受信シンボル1010a~1010kと1010i~1010Pについて、サブキャリア成分803a~803kそれぞれについて電力差を算出し、特定にシンボル判定基準に基づいてシンボルの1または0を判定した動作を示している。図15において、電力差が正の場合、1とし、負の場合を0として符号化している。

#### 【0257】

つまり、図17に示すように、サブキャリア成分803a~803k毎に受信シンボル1010a~1010kの方が大きい場合はシンボル値1とし、逆に受信1010i~1010Pの方が大きい場合はシンボル値0として判定している。

#### 【0258】

以上のように、送信データ系列910が受信局アンテナ204aとアンテナ204bのアンテナ間の相対的な受信電力差に基づいて復調される無線通信システムでは、他の受信局によって第三者が秘匿情報を含む送信データ810を復調または復元するためには、受信局1201の2本のアンテナと送信局の2本のアンテナ間で構成される4つの伝搬チャネルをすべて特定する必要があり、さらに高いセキュリティで秘匿情報を伝送することが可能となる。

#### 【0259】

尚、受信局1201において、既知シンボル1001のマルチキャリア変調信号は、受信局アンテナ204aと204bからそれぞれ異なる時間スロットT1とT2を用いて別々に送信される構成としたが、これに限らず、互いに符号が直交する既知シンボルP1とP2を用いて、同一のタイムスロットで受信局アンテナ204aから既知シンボルP1をマルチキャリア変調して送信し、受信局アンテナ204bから既知シンボルP2をマルチキャリア変調して送信する構成としても良い。

#### 【0260】

この場合、送信局801において基準シンボル生成手段903は、既知のシンボルP1と同一シンボルである基準シンボルR1と、既知のシンボルP2と同一シンボルである基準シンボルR2とを生成する。そして、キャリア分離手段920が、受信のベースバンド信号902aと902bを高速フーリエ変換(FFT)処理や帯域制限フィルタリング処理により8本のサブキャリア成分803a~803kに分離した後、伝搬チャネル推定手段905が基準シンボルR1に基づいて、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203a間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル906a~906kと、受信局アンテナ204aと送信局アンテナ203b間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル907a~907kとをそれぞれ生成する。また、同様にして受信のベースバンド信号902aと902bとを入力とし、基準シンボルR2に基づいて、受信局アンテナ204bと送信局アンテナ203a間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル906i~906Pと、受信局アンテナ204bと送信局アンテナ203b間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル907i~907Pを生成する。

#### 【0261】

なお、以上の説明では、OFDMに代表される周波数多重化方式を想定した無線システムの構成を述べてきたが、OFDMのサブキャリア成分をCDMAの拡散符号に対応付けることで、実施の形態の同様な構成による無線通信システムを用いて、CDMAに対しても適用することができる。

10

20

30

40

50

## 【0262】

ここで、スペクトラム拡散変調方式を用いたCDMAを想定した場合について以下に説明する。この場合、本実施の形態の無線通信システムにおいて、サブキャリア成分803 $\alpha$ ~803 $\kappa$ を拡散符号C1~C8として置き換える。

## 【0263】

はじめに、受信局1201では、拡散符号C1~C8のそれぞれに対する既知のシンボル1001のスペクトラム拡散変調信号は、受信局アンテナ204 $\alpha$ と204 $\beta$ によりそれぞれ異なる時間スロットT1とT2を用いて別々に送信される。

## 【0264】

次に、送信局1201の伝搬チャネル推定手段905において、時間スロットT1で、受信のベースバンド信号902 $\alpha$ と902 $\beta$ が8個の拡散符号C1~C8を用いた逆拡散処理された後、基準シンボル904に基づいて、受信局アンテナ204 $\alpha$ と送信局アンテナ203 $\alpha$ 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル906 $\alpha$ ~906 $\kappa$ と、受信局アンテナ204 $\alpha$ と送信局アンテナ203 $\beta$ 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル907 $\alpha$ ~907 $\kappa$ とがそれぞれ生成される。また、時間スロットT2においても同様に、受信のベースバンド信号902 $\alpha$ と902 $\beta$ を入力とし、基準シンボル904に基づいて、受信局アンテナ204 $\beta$ と送信局アンテナ203 $\alpha$ 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル906 $\iota$ ~906 $\rho$ と、受信局アンテナ204 $\alpha$ と送信局アンテナ203 $\beta$ 間の複素伝搬チャネルの推定値である受信シンボル907 $\iota$ ~907 $\rho$ が生成される。

## 【0265】

次に、送信シンボル算出手段908において、受信局アンテナ204 $\alpha$ の受信信号から推定された受信シンボル906 $\alpha$ ~906 $\kappa$ および907 $\alpha$ ~907 $\kappa$ と、受信局アンテナ204 $\beta$ の受信信号から推定された受信シンボル906 $\iota$ ~906 $\rho$ と907 $\iota$ ~907 $\rho$ から、送信局アンテナ203 $\alpha$ および送信局アンテナ203 $\beta$ に対する2個の送信シンボルを一組とした複数組の送信シンボルベクトルが算出される。そして、拡散符号C1~C8毎に算出されたこの複数組の送信シンボルベクトルから構成される8個の参照テーブル909 $\alpha$ ~909 $\kappa$ が生成される。

## 【0266】

以上のようにして、送信局801と受信局1201との間の伝搬パラメータを、両者が既知のシンボルを用いてあらかじめ算出し、参照テーブルとして記憶しておく。

## 【0267】

次に、送信データ910が、前述したOFDMの場合と同様に参照テーブルを用いて送信シンボルの組合せに変換され、送信アンテナ203 $\alpha$ 、203 $\beta$ から送信される。

## 【0268】

次に、受信局1202で受信された受信信号は伝搬パラメータ推定手段1009において、受信のベースバンド信号1008 $\alpha$ に対する8個の拡散符号C1~C8を用いた逆拡散処理がされる。その後、直交検波により8個の拡散符号C1~C8について分離して検出された複素シンボルである受信シンボル1010 $\alpha$ ~1010 $\kappa$ が生成される。

## 【0269】

また、同様にして受信のベースバンド信号1008 $\beta$ を8個の拡散符号C1~C8を用いた逆拡散処理後、直交検波により8個の拡散符号C1~C8について分離して検出された複素シンボルである受信シンボル1010 $\iota$ ~1010 $\rho$ が生成される。

## 【0270】

次に、シンボル判定手段1011において、受信シンボル1010 $\alpha$ ~1010 $\kappa$ および受信シンボル1010 $\iota$ ~1010 $\rho$ に基づいて、送信局801から送信された秘匿情報を含む送信データ系列910が復元される。

## 【0271】

以上のようなCDMAを用いた無線通信システムでは、拡散符号を用いることで得られる秘話性に加えて、伝搬パラメータのランダム性を利用した変調方式を用いることにより

10

20

30

40

50

、さらに高度なセキュリティが確保できる。

【0272】

尚、受信局1201のアンテナ数を8本以上とすることでより多くのアンテナの組み合わせが利用できる。このため、他の受信局によって第三者が秘匿情報を含む送信データ系列910を復調または復元することがより困難となり、さらに高度なセキュリティを確保できる。

【0273】

以上のように、本発明の無線通信システムを用いることで、通信の物理層において高いセキュリティを確保することができる。また、これらの処理は基本的に従来の算術的な手法を用いた暗号化、復号化とは独立して行うことが可能であるため、従来技術に加えて本発明を実施することでより高いセキュリティを期待できる。

【0274】

(実施の形態5)

図21は本実施の形態のアレーアンテナ送信局の構成を示すブロック図である。図21において、振幅位相制御部2102a~2102nは各アンテナからの信号の振幅と位相を制御して、指向性ビームを形成するものである。その他の各ブランチが備える構成ブロックは実施の形態3のものと同様である。また、受信局からの既知シンボルを受信して、参照テーブルを生成するための伝搬チャネル推定手段と基準シンボル生成手段と送信シンボル算出手段については図示していないが、実施の形態3と同様のものをブランチ毎に備えている。

【0275】

図22は本実施の形態のアレーアンテナ受信局の構成を示すブロック図である。図22において、既知シンボル生成手段1000からのシンボルはマルチキャリア変換手段1002で変調された後、振幅位相制御部2202a~2202nでアレーアンテナ毎に指向性ビームに生成される点が実施の形態3と異なる。その他の構成ブロックは実施の形態3のものと同様である。

【0276】

以上の構成により、送信局が複数の指向性ビームを形成し、そのビームを適当に組み合わせることにより受信局202のアンテナの受信電力を制御することができる。

【0277】

このような制御が可能となるのは、伝搬パラメータが一定と見なせるような状況において、送信アンテナの指向性パターンを変化させると、受信アンテナ端では到来パスの電力や位相差などが変化するためである。

【0278】

また、アレーアンテナではないが、送信局801が受信局1201においてマルチキャリア受信信号から検出されるシングルキャリア成分の周波数軸上の位置を個々に制御して送信ビット情報を伝送することも可能である。

【0279】

具体的には、送信局と受信局との間で固有の値である伝搬パラメータに基づいて、送信局が送信アンテナを個々に制御して、指向性パターンを変化させることで、受信アンテナ端における各シングルキャリア成分の受信電力を制御する。

【0280】

この場合、受信局が受信するマルチキャリア信号を構成する各シングルキャリアの周波数軸上の位置が送信のビット情報に対応付けられている。例えば、マルチキャリア送信信号が8本のシングルキャリアから構成される場合、周波数軸上のシングルキャリアf1からf8に対して000から111までの3ビット分の送信ビット情報を予め対応させておく。送信ビット情報が010のときは、送信局は送信アンテナの指向性パターンを変化させ、受信局においてシングルキャリアf3が他のシングルキャリア成分と比較して最大の電力で受信されるように制御する。受信局は受信信号の周波数スペクトラムを算出し、シングルキャリアf3が最大電力であると推定されれば、送信ビット情報は010であると

10

20

30

40

50

判定できる。

【0281】

また、受信局がキャリア検出結果に基づいて送信ビット情報を判定する方法は、例えば送信局がマルチキャリアを構成する各シングルキャリアの送信電力を制御する。この方法では、マルチパスフェージング環境での受信電力に大きな落ち込みが生じることがなく、ビットエラーの原因と成ることや、送信ビット情報が第三者である他の無線局において容易に推定されることがない。

【0282】

すなわち、本発明によれば、送信局と受信局との間で固有の値である伝搬パラメータに基づいて、送信局が送信アンテナの指向性パターンを変化させることにより、受信アンテナ端における各シングルキャリア成分の受信電力を制御することができる。また、マルチパスフェージングによるビットエラーを補償することができる。さらにまた、異なる伝搬パラメータで特徴づけられる第三者に対して、送信情報の漏洩を防ぐことが可能になる。

【産業上の利用可能性】

【0283】

以上のように、本発明は特定の無線局間で広帯域に無線通信する通信方法に有用であり、高いセキュリティで秘密情報を伝送するのに適している。

【図面の簡単な説明】

【0284】

【図1】(a)一般的な移動通信システムの構成を示す図(b)、(c)送信アンテナと受信アンテナ間の伝搬チャネルを構成する周波数スペクトラムを示す図 20

【図2】(a)本発明の実施の形態1に係る無線通信システムの構成を示すブロック図(b)、(c)送信アンテナと受信アンテナ間の伝搬チャネルを構成する周波数スペクトラムを示す図

【図3】本発明の実施の形態1に係る送信局の構成を示すブロック図

【図4】本発明の実施の形態1に係る受信局の構成を示すブロック図

【図5】本発明の実施の形態1に係る送信局のシンボルマッピング部の構成を示すブロック図

【図6】(a)本発明の実施の形態2に係る無線通信システムの構成を示すブロック図(b)、(c)送信アンテナと受信アンテナ間の伝搬チャネルを構成する周波数スペクトラムを示す図 30

【図7】本発明の実施の形態2に係る受信局の構成を示すブロック図

【図8】(a)本発明の実施の形態3に係る無線通信システムの構成を示すブロック図(b)マルチキャリアを構成する8本のサブキャリア成分を示す図(c)、(d)送信アンテナと受信アンテナ間の伝搬チャネルを構成する周波数スペクトラムを示す図

【図9】本発明の実施の形態3に係る送信局の構成を示すブロック図

【図10】本発明の実施の形態3に係る受信局の構成を示すブロック図

【図11】本発明の実施の形態3に係る送信局のシンボルマッピング部の構成を示すブロック図

【図12】(a)本発明の実施の形態4に係る無線通信システムの構成を示すブロック図(b)、(c)送信アンテナと受信アンテナ間の伝搬チャネルを構成する周波数スペクトラムを示す図 40

【図13】本発明の実施の形態4に係る受信局の構成を示すブロック図

【図14】実施の形態3に係るシンボル判定方法を示す図

【図15】実施の形態4に係るシンボル判定方法を示す図

【図16】本発明の実施の形態2に係る送信局の構成を示すブロック図

【図17】本発明の実施の形態4に係る受信局の構成を示すブロック図

【図18】(a)、(b)本発明の実施の形態1に係る送信局の参照テーブルを示すブロック図

【図19】本発明の実施の形態2に係る送信局の参照テーブルを示すブロック図 50

【図20】(a)、(b)、(c) 本発明の実施の形態2に係る既知シンボルの送信時間の割当方法を示した図

【図21】本発明の実施の形態5に係る送信局の構成を示すブロック図

【図22】本発明の実施の形態5に係る受信局の構成を示すブロック図

【図23】従来の無線通信システムの構成を示すブロック図

【符号の説明】

【0285】

- 100 移動通信システム
- 200、600、800、1200 無線通信システム
- 101 送信アンテナ
- 102a、102b 受信アンテナ
- 103a、103b、205a、205b、205c、205d 伝搬チャネル
- 104a、104b 周波数スペクトラム
- 201、801 送信局
- 202、601、802、1201 受信局
- 203a、203b 送信局アンテナ
- 204a、204b 受信局アンテナ
- 206a、206b、206c、206d シングルキャリア電力スペクトラム
- 300a、300b、407a、407b、900a、900b、1007a、1007b 受信のRF信号
- 301、404、901、1004 周波数変換手段
- 302a、302b、408a、408b、902a、902b、1008a、1008b 受信のベースバンド信号
- 303、903 基準シンボル生成手段
- 304、904 基準シンボル
- 305、905 伝搬チャネル推定手段
- 306、307、410a、410b、906a~906p、907a~908p、1010a~1010k 受信シンボル
- 308、908a~908k 送信シンボル算出手段
- 309、909a~909k 参照テーブル
- 310、912a~912k 送信データ
- 311、913 シンボルマッピング部
- 312、914a~914k テーブル記憶手段
- 313、915a~915k シンボル選択手段
- 314、315、916a~916k、917a~917k 送信シンボル
- 316、402 シングルキャリア変調手段
- 317a、317b、403、919a、919b、1003 送信のベースバンド信号
- 318a、318b、404、920a、920b、1005 送信のRF信号
- 400、1000 既知シンボル生成手段
- 401、1001 既知シンボル
- 402 シングルキャリア変調手段
- 406a、406b シングルキャリア変調信号
- 409、1009 伝搬パラメータ推定手段
- 411、1011 シンボル判定手段
- 412、1012a~1012k 受信データ
- 700、701、1300、1301 基準クロック信号
- 803a~803k サブキャリア成分
- 804a、804b、804c、804d マルチキャリア電力スペクトラム
- 910 送信データ系列

10

20

30

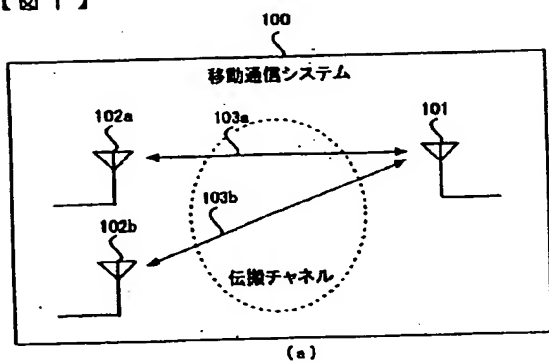
40

50

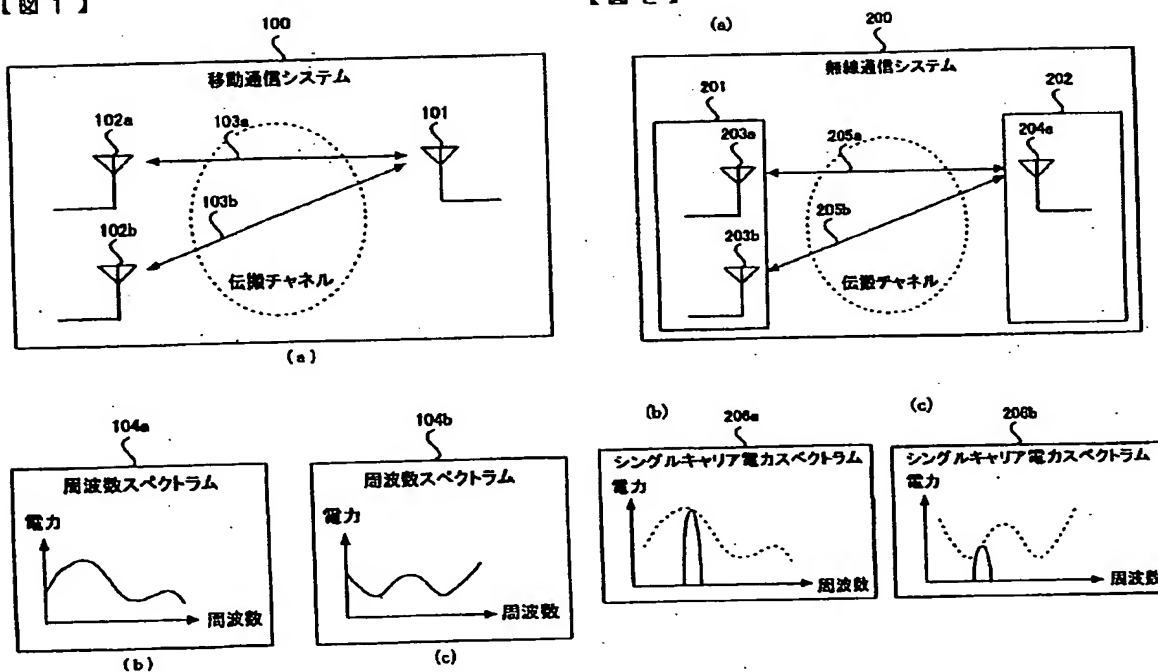
911 シリアル／パラレル変換手段  
 918、1002 マルチキャリア変調手段  
 920 キャリア分離手段  
 1006a、1006b マルチキャリア変調信号  
 1018 パラレル／シリアル変換  
 1014 受信データ系列  
 1400 電力値  
 1020 キャリア分離手段  
 2102a～2102n、2202a～2202n 振幅位相制御部  
 2101、2201 アレーアンテナ  
 2310 送信局  
 2311 伝搬環境推定部  
 2320 受信局  
 2330 無線伝搬路

10

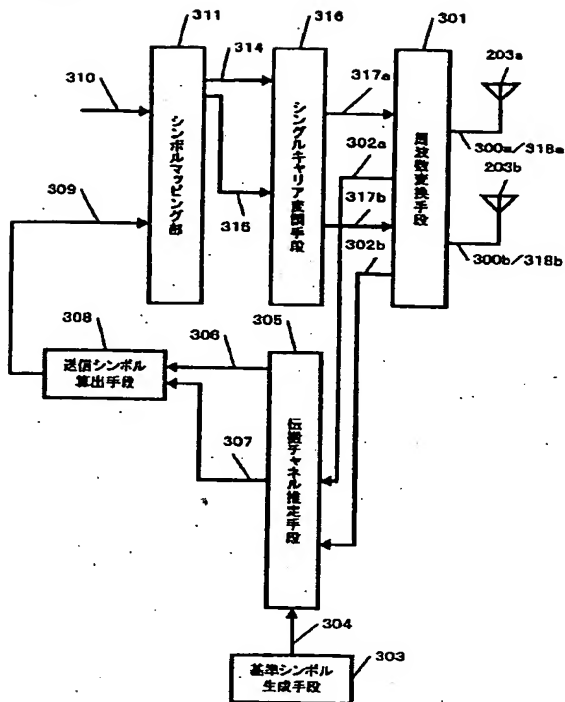
【図1】



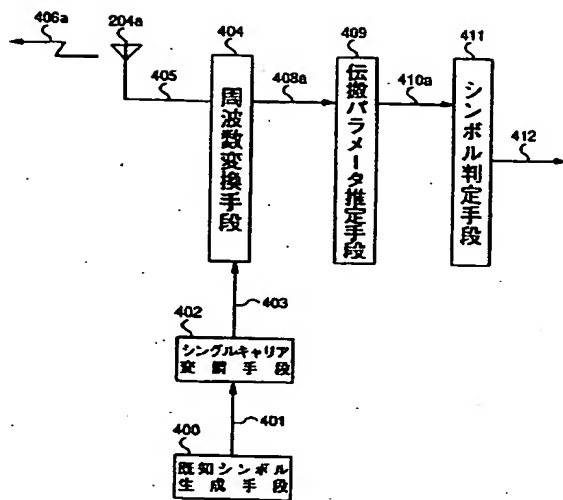
【図2】



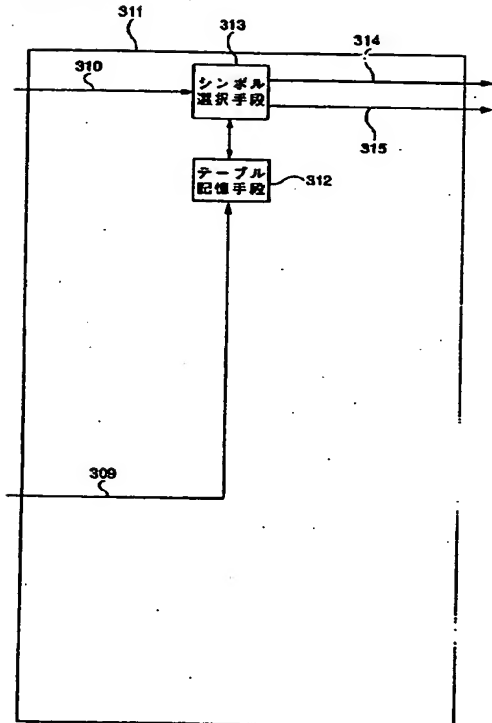
【図 3】



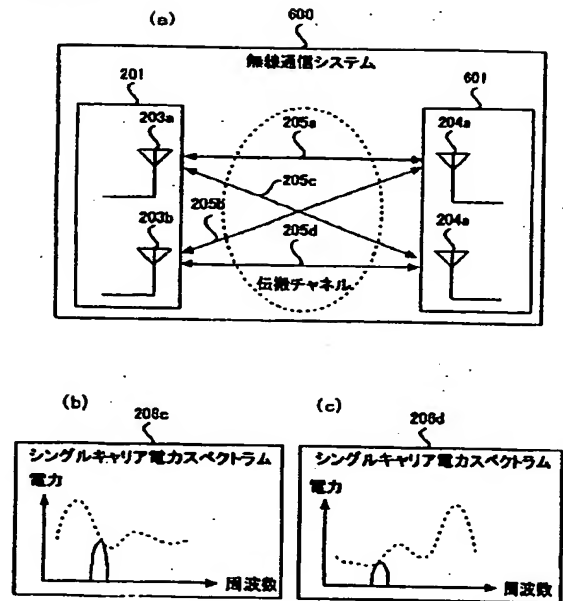
【図 4】



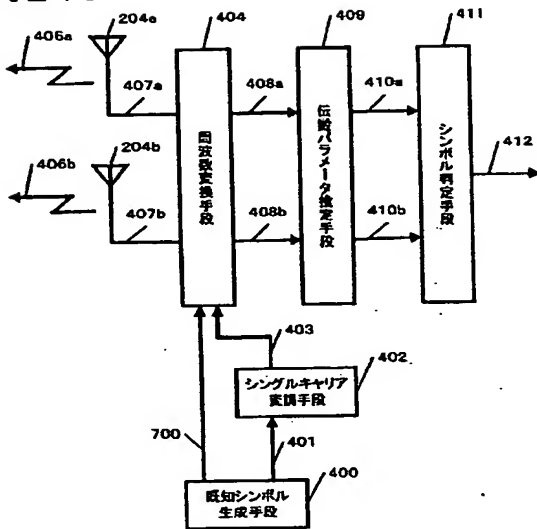
【図 5】



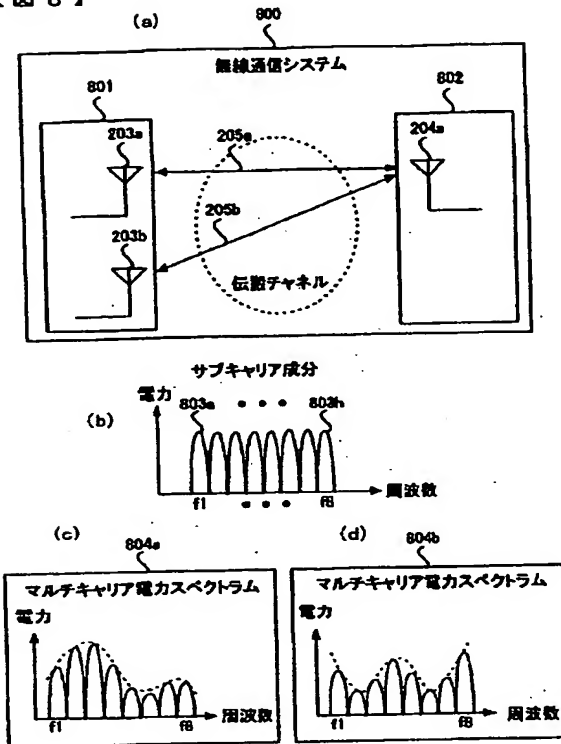
【図 6】



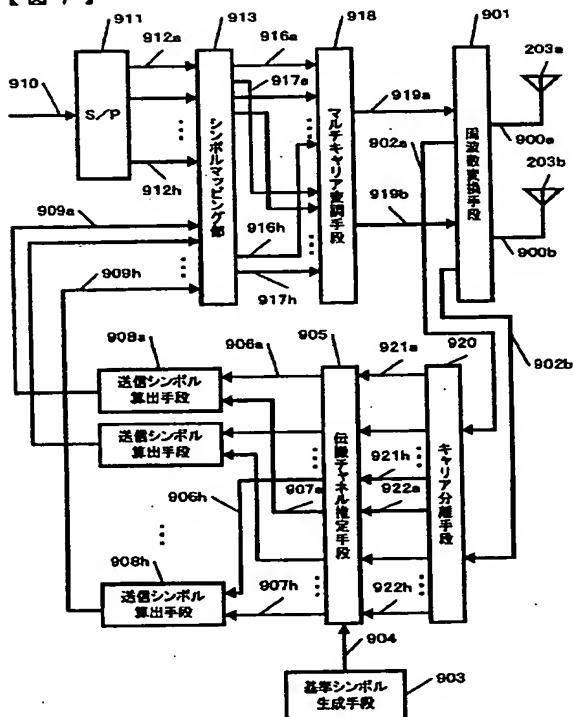
【図 7】



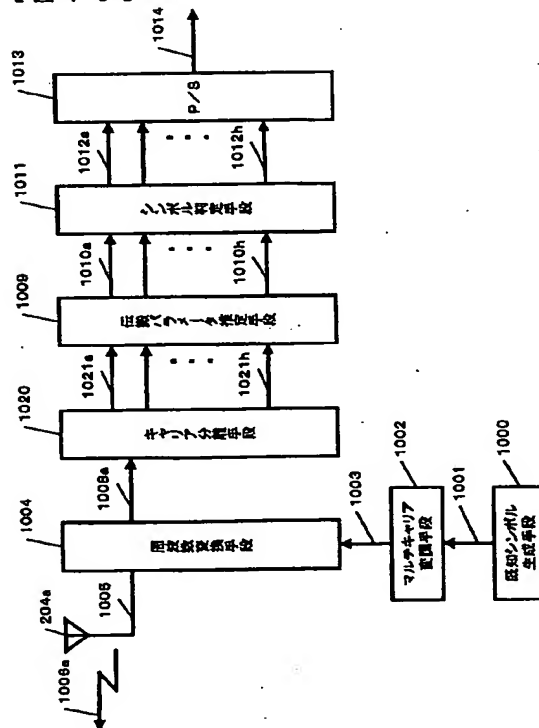
【図 8】



【図 9】

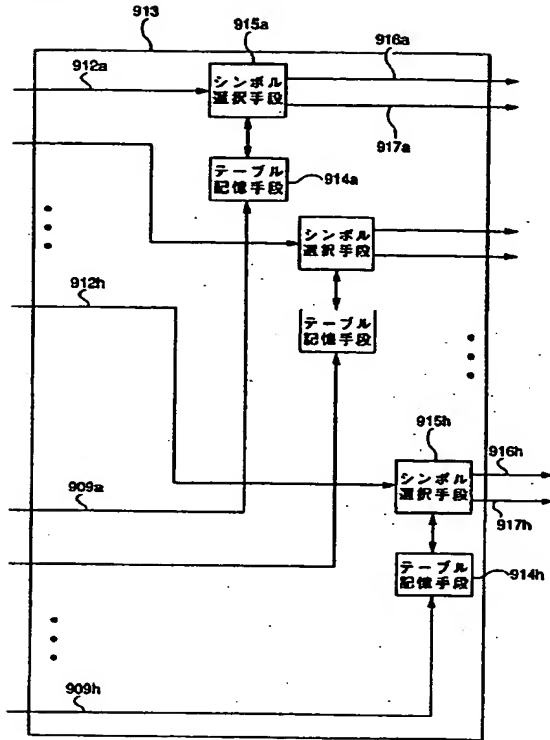


【図 10】

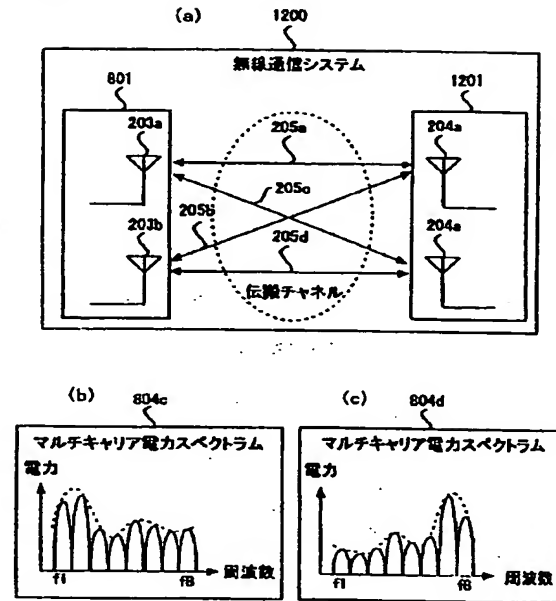




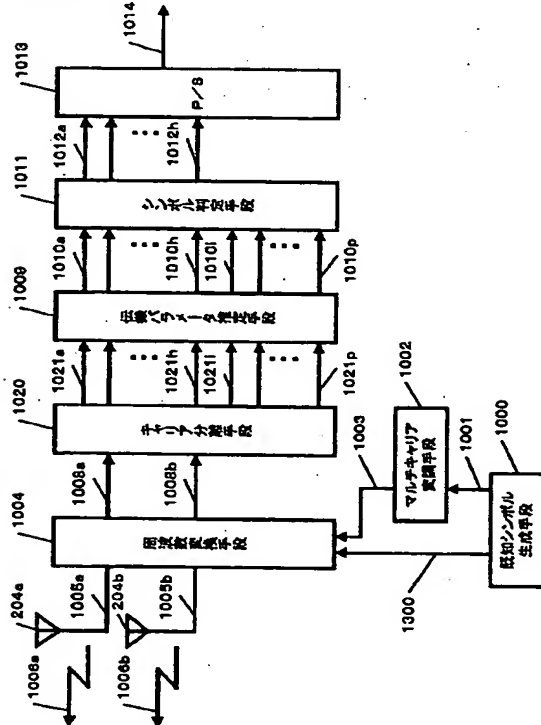
【図 11】



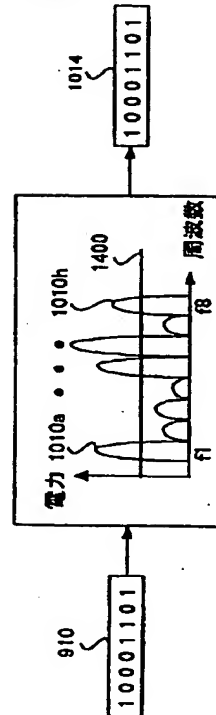
【図 12】



【図 13】



【図 14】

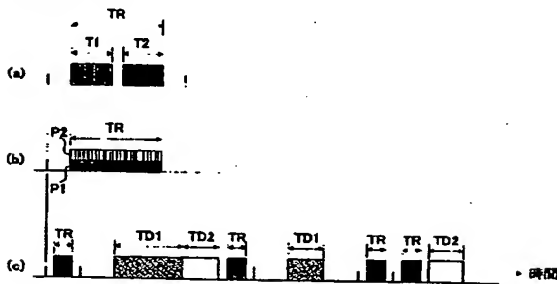




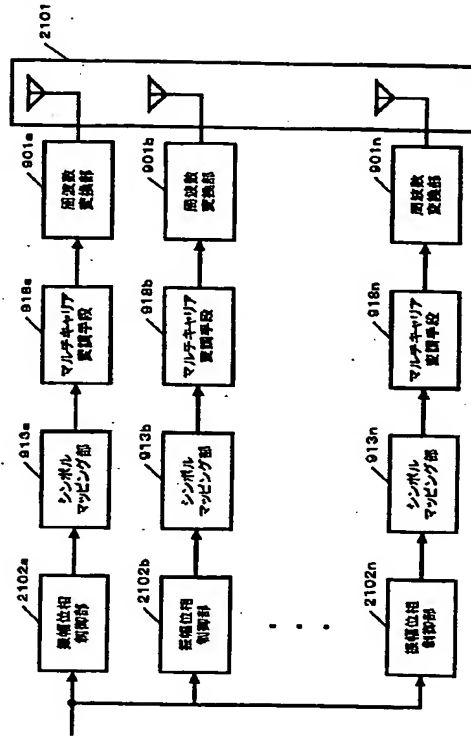
【図 19】

送信情報	送信シンボルベクトル
10	$H^+ \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
01	$H^+ \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$
11	$H^+ \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$
00	$H^+ \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

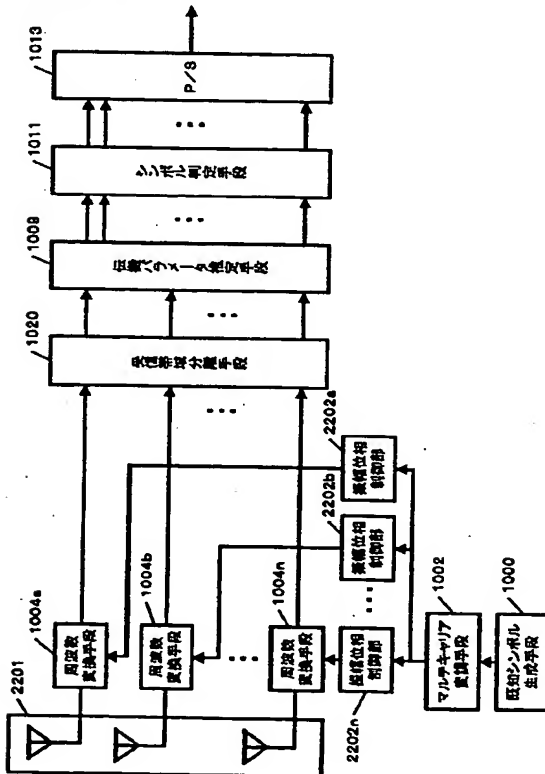
【図 20】



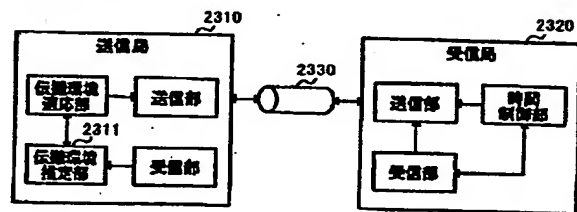
【図 21】



【図 22】



【図 23】



## フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

H 0 4 J 11/00

H 0 4 J 13/00

D

H 0 4 Q 7/38

H 0 4 B 7/26

1 0 9 R

Fターム(参考) 5K022 AA11 AA21 DD01 DD13 DD19 DD21 DD31 EE01 EE21 EE31

5K059 CC04 DD31

5K067 AA02 BB04 BB21 CC02 CC10 CC24 EE02 EE10 HH21 HH24

HH36 KK03